

TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS (ZANAHORIA, CEBOLLA Y TOMATE) PARA ZONAS AGROECOLÓGICAS DE BOLIVIA



AUTORIDADES

M. Sc. Luis Alberto Arce Catacora

PRESIDENTE DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Lic. David Choque Huanca Céspedes

VICE-PRESIDENTE DEL ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA

Ing. Juan Yamil Flores Lazo

MINISTRO DE DESARROLLO RURAL Y TIERRAS

M. Sc. Jose Luís Quispe Guanica

DIRECTOR NACIONAL DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

Widson July Martinez, Ph.D.

**DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO DEL INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN
AGROPECUARIA Y FORESTAL (INIAF)**

TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN DE HORTALIZAS (ZANAHORIA, CEBOLLA Y TOMATE) PARA ZONAS AGROECOLÓGICAS DE BOLIVIA

AUTORIDADES DEL INIAF

Widson July Martínez, Ph. D.

DIRECTOR GENERAL EJECUTIVO INIAF

Rogelio Maydana Apaza, Ph. D.

DIRECTOR NACIONAL DE INNOVACIÓN

M. Sc. Ramiro Fernando Figueredo Quisbert

DIRECTOR NACIONAL DE SEMILLAS

M. Sc. Jose Luis Quispe Guanca

DIRECTOR NACIONAL DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

Ariel Santivañez Aguilar, Ph. D.

RESPONSABLE NACIONAL DEL PROYECTO HORTALIZAS

Tecnologías de producción de hortalizas (zanahoria, cebolla y tomate) para zonas agroecológicas de Bolivia

Equipo técnico INIAF Proyecto “Desarrollo de Tecnologías para Mejorar la Productividad de Hortalizas (cebolla, tomate y zanahoria) en Regiones Productoras de Bolivia”

M. Sc. Ariel Santivañez Aguilar Ph. D.
Ing. Marco Antonio Varias Alvarez
Ing. José Antonio Orellana Ricaldez
Ing. Henry Murillo Guzmán
Ing. Irene Mercedes Gutierrez Limachi
Ing. Raul Villegas Sanabria
Ing. Ran Wara Onishi Gutiérrez
Ing. Milka Orellana Huarachi
Ing. Edgar Brayan Castillo Pimienta
Ing. Anai Maritza Espejo Olmos
Ing. Cesar Hernán Guerrero Cacasapa
Ing. José Marcelo Reguerin López
Ing. Viviana Mujica Belmonte
Ing. Oscar Orlando Meneses Arias
Ing. Celso Simón Mamani Flores
Ing. Deborah Ruth Mayta Quispe
Ing. Martin Rolf Uyardo Torrico
Ing. Misael Fernández Pacheco
Ing. Roger Ernesto García Vallejos
Ing. Wilber Castro Sandoval
Ing. Fernando Fabricio Villca Quiroga
Ing. Yerco Milivoy Pozo Rocha
Ing. Ernesto Vasquez Ledezma
Ing. Erick Gonzalo Ortega
Lic. Andrea Ninoska Riveros Rossel
Lic. Catucia Velasquez Albornoz
Tec. Sup. Franz Rubén Ávila Berrios
Vladimir Alex Caspa Copa
Nely Flavia Cutipa Copa
Melissa Graciela Arispe Jaldín
Mayra Shirley Vallejos Solíz
Yessica Sanga Tinta
Fernanda María Torrez Suzaño
Cesar Angel Ledezma Jamira
Cristhian Daniel Cuba Aduviri
ISBN: 978-9917-9785-7-2
Depósito legal: 4-2-657-2025 P.O.

Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal-INIAF

Fotografías: Proyecto “Desarrollo de Tecnologías para Mejorar la Productividad de Hortalizas en Regiones Productoras de Bolivia”.

Diseño de impresión: El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal promueve el uso justo de este documento.

Cochabamba-Bolivia

PRESENTACIÓN

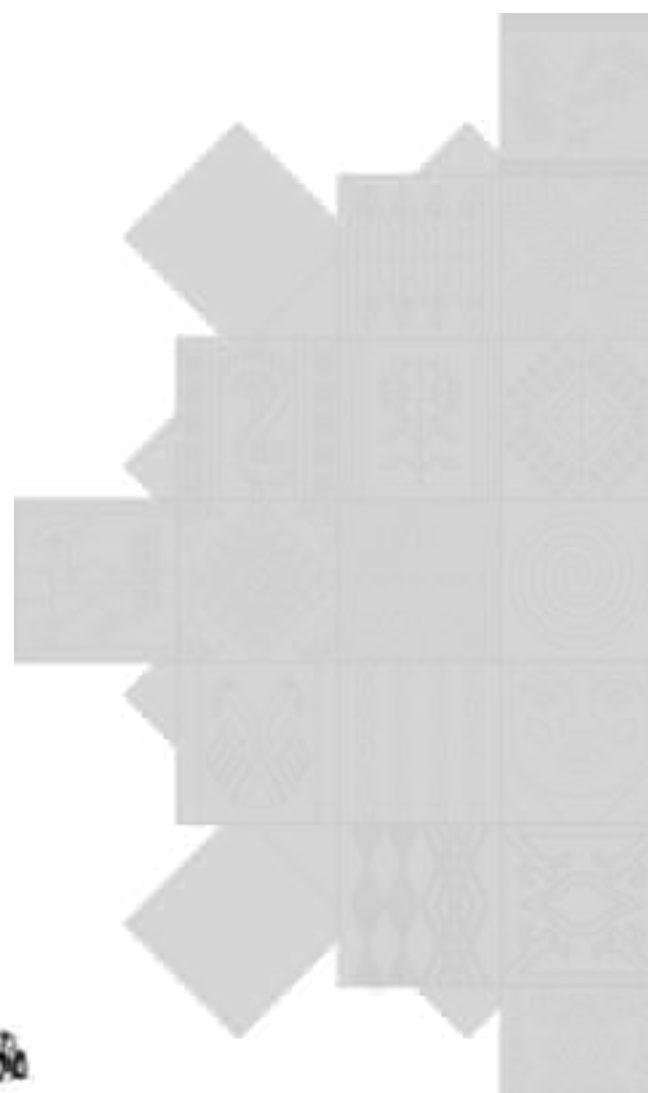
El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAP), a través del Proyecto Hortalizas (2021-2025), presenta con satisfacción este manual técnico dirigido tanto a productores como técnicos nacionales.

Esta publicación tiene como finalidad principal transferir los conocimientos generados por la investigación agropecuaria del INIAP. En sus páginas se incorporan los resultados de las investigaciones desarrolladas específicamente para los cultivos de tomate, zanahoria y cebolla durante la ejecución del proyecto.

El manual sistematiza tecnologías y recomendaciones validadas, ofreciendo pautas técnicas para el manejo agronómico, fitosanitario y de postcosecha de estos cultivos. Se espera que esta herramienta contribuya a la toma de decisiones informadas, al incremento de la productividad y a la sostenibilidad de los sistemas de producción hortícola.

El INIAP reafirma así su compromiso de poner la ciencia al servicio del desarrollo del sector agropecuario.


Director General Ejecutivo INIAP
Director General Ejecutivo INIAP



Índice

Capítulo 1

ZANAHORIA (<i>Daucus carota</i> L.).....	2
---	---

Capítulo 2

CEBOLLA (<i>Allium cepa</i> L.).....	51
---------------------------------------	----

Capítulo 3

TOMATE (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	95
---	----



CAPÍTULO 1



ZANAHORIA (*Daucus carota* L.)



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	7
1.1. Clasificación taxonómica	7
1.2. Características botánicas	7
1.2.1. Raíz	8
1.2.2. Tallo.....	8
1.2.3. Hoja	8
1.2.4. Estructuras reproductivas.....	8
1.3. Variedades de zanahoria.....	9
1.3.1. Variedades comerciales de zanahoria en Bolivia.....	9
2. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO	13
2.1. Temperatura.....	13
2.2. Precipitación	13
2.3. Suelo.....	13
3. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE ZANAHORIA.....	14
3.1. Preparación del suelo mediante barbecho.....	14
3.2. Abonado o fertilización de fondo	14
3.3. Siembra	15
3.3.1. Época de siembra	16
3.3.2. Densidad de siembra	16
3.3.3. Sistemas de siembra.....	17
4. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO	20
4.1. Fertilización.....	20
4.2. Riego	21
4.2.1. Sistemas de riego utilizados en el cultivo de zanahoria en Bolivia	21
4.3. Raleo de plantas.....	25
4.4. Control de malezas	26
4.5. Manejo fitosanitario de plagas y enfermedades	28
4.5.1. Plagas insectiles	28
4.5.2. Enfermedades	32
4.6. Cosecha	35
4.6.1. Época de cosecha	36

4.6.2. Cosecha manual	37
4.6.3. Cosecha mecanizada del cultivo de zanahoria.....	37
4.7. Postcosecha.....	38
4.7.1. Preselección de raíces de zanahoria en campo.....	38
4.7.2. Lavado de raíces de zanahoria	39
4.7.3. Selección de raíces de zanahoria por categoría para el empaque.....	39
4.7.3.1. Categoría raíces de primera	40
4.7.3.2. Categoría raíces de segunda	40
4.7.3.3. Categoría raíces de tercera (para zumo)	41
4.7.3.4. Raíces de descarte.....	41
4.8. Conservación y almacenamiento de raíces de zanahoria.....	41
4.9. Transporte de la producción de zanahoria.....	42
5. MERCADEO AGRÍCOLA DE ZANAHORIA	42
GLOSARIO	44
BIBLIOGRAFÍA.....	46

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.).....	7
Cuadro 2. Estadios fenológicos de la zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.).....	9
Cuadro 3. Época de siembra del cultivo de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) en Bolivia por departamento.....	16
Cuadro 4. Plan general de fertilización de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.).....	20
Cuadro 5. Ventajas y desventajas de los principales sistemas de riego.....	24
Cuadro 6. Herbicidas para el control de malezas en el cultivo de zanahoria.....	27
Cuadro 7. Ingredientes activos para el control químico de plagas insectiles de importancia, algunas plagas eventuales y nematodos en el cultivo de zanahoria.....	31
Cuadro 8. Ingredientes activos para el control de Oidiosis en el cultivo de zanahoria.....	32
Cuadro 9. Ingredientes activos para el control de quemadura de hojas y <i>Cavity spot</i> en el cultivo de zanahoria.....	34
Cuadro 10. Épocas de cosecha del cultivo de zanahoria en Bolivia, por departamento.....	36
Cuadro 11. Ventajas y desventajas de la cosecha manual de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.).....	37
Cuadro 12. Ventajas y desventajas de la cosecha mecanizada de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.)....	38
Cuadro 13. Clasificación de las raíces de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) por categorías.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Variedad de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) INIAF Larga Vida.	10
Figura 2. Variedad de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) Altiplano.....	11
Figura 3. Variedad de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) Montenegro 1.....	12
Figura 4. Desarrollo de raíces de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) ramificadas debido a su cultivo en suelos pesados.	13
Figura 5. Preparación de terreno para siembra de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.), Punata-Cochabamba.	14
Figura 6. Aplicación de estiércol en parcela de producción de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) Sipe Sipe-Cochabamba.	15
Figura 7. Siembra de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) a chorro continua con sembradora manual, Patacamaya-La Paz.....	18
Figura 8. Siembra de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) a chorro continuo con sembradora manual, Patacamaya-La Paz.....	19
Figura 9. Sistema de riego por aspersión en el cultivo de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.), Punata-Cochabamba.	22
Figura 10. Sistema de riego por goteo en el cultivo de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.), Punata-Cochabamba.	23
Figura 11. Riego por sistema <i>Golden Spray</i> en el cultivo de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.), Playa Ancha-Capinota.....	24
Figura 12. Control manual de malezas en el cultivo de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.), Capinota-Cochabamba.	26
Figura 13. Malformaciones en raíces de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) causadas por nematodos.	31
Figura 14. Pudrición blanda (<i>Erwinia carotovora</i>) en raíces de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.).....	35
Figura 15. Cosecha de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) variedad INIAF Larga Vida.	36
Figura 16. Postcosecha de zanahoria: preselección en campo (<i>Daucus carota</i> L.), Soracachi-Oruro.	38
Figura 17. Lavado mecánico de raíces de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) y embolsado por categorías.....	39
Figura 18. Selección de raíces de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) por categorías.	40
Figura 19. Raíces de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) variedad Altiplano de primera categoría.	40
Figura 20. Raíces de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) de segunda categoría sin lavar.	41
Figura 21. Transporte de raíces embolsadas de zanahoria (<i>Daucus carota</i> L.) al mercado para su comercialización.....	42
Figura 22. Productores de zanahoria durante la comercialización.....	43

Capítulo 1

ZANAHORIA

1. GENERALIDADES

La zanahoria (*Daucus carota* L.), perteneciente a la familia Apiaceae, es una planta herbácea bienal que desarrolla una raíz pivotante comestible durante su primer año de crecimiento (Serna *et al.*, 2024). Originaria de Asia, su cultivo se extendió a Europa, donde era conocida por griegos y romanos, desarrollándose las variedades de color naranja en el siglo XVII. Actualmente, su producción se ha globalizado, siendo China el principal productor mundial, seguido por Estados Unidos y Rusia (De Rosamel, 2019; Fuentes *et al.*, 2021).

A nivel económico, la zanahoria representa uno de los cultivos hortícolas más importantes. El rendimiento promedio mundial alcanza los 36.698 kg ha⁻¹, destacando Asia con 41.456 kg ha⁻¹ (Carbo *et al.*, 2022). Nutricionalmente, esta hortaliza destaca por su alto contenido de vitamina A (2660 UI 100 g⁻¹), minerales esenciales y bajo aporte calórico (41 kcal 100 g⁻¹) (Coral y Gallegos, 2015; Orrego y Martín, 2021).

En Bolivia, durante la campaña agrícola 2023-2024, se cultivaron 6153 hectáreas, produciendo 82.786 toneladas, con un rendimiento promedio de 13.454 kg ha⁻¹. Los departamentos más productivos fueron Cochabamba (46.985 t) y Oruro (18.022 t). El consumo per cápita nacional es de 23,9 kg/año, formando parte de los diez productos básicos de la canasta familiar, aunque aún por debajo de lo recomendado (49 kg/año) (INE, 2024). Su cultivo se extiende desde el Altiplano hasta los valles mesotérmicos, abarcando siete departamentos, lo que demuestra su adaptabilidad y relevancia en la agricultura nacional.

1.1. Clasificación taxonómica

La zanahoria (*Daucus carota* L.) pertenece a la familia Apiaceae, caracterizada por presentar inflorescencias en forma de umbela. Es una planta bienal que completa su ciclo en dos años (Sánchez, 2021).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de la zanahoria (*Daucus carota* L.).

Clasificación taxonómica	
Reino:	Plantae
División:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledónea
Orden:	Apiaceae
Familia:	Umbeliferaceae
Subfamilia:	Apioideae
Tribu:	Scandiceae
Género:	<i>Daucus</i>
Especie:	<i>Carota</i>

Nota. Adaptado de Torres y Suasnabar (2022).

1.2. Características botánicas

La zanahoria presenta una estructura botánica típica de las Apiáceas, con raíz pivotante engrosada como órgano de reserva y hojas compuestas pinnadas. Su morfología refleja su ciclo bienal, desarrollando primero la parte vegetativa y posteriormente las estructuras reproductivas (Meza y Daboín, 2023).

1.2.1. Raíz

La zanahoria desarrolla una raíz pivotante engrosada que funciona como principal órgano de reserva. Inicialmente presenta crecimiento primario, seguido de un engrosamiento secundario donde se forma tejido parenquimático rico en nutrientes (Forero *et al.*, 2015). Esta estructura muestra tres regiones diferenciadas: epidermis con pelos radiculares, córtex con células de reserva y cilindro vascular central. Su desarrollo vertical (geotropismo positivo) puede verse afectado por suelos compactados, provocando deformaciones como bifurcaciones (Fuentes *et al.*, 2021).

1.2.2. Tallo

La zanahoria presenta un tallo de crecimiento bienal con dos fases diferenciadas:

Durante el primer año (fase vegetativa), desarrolla un tallo corto y comprimido (disco caulinar) que forma una roseta basal de hojas. Este tallo primario permanece subterráneo y sirve principalmente como punto de inserción foliar (Valerio y Medina, 2024).

En el segundo año (fase reproductiva), la planta produce un tallo floral erecto (escapo) que puede alcanzar 60-150 cm de altura. Este tallo secundario es cilíndrico, hueco y ramificado en su parte superior, con nudos conspicuos y entrenudos alargados (Balseca, 2018). Anatómicamente, presenta epidermis con cutícula delgada, haces vasculares colaterales y médula parenquimática con espacios aeríferos (Ostaiza, 2021).

El desarrollo del tallo floral marca el fin del ciclo productivo del cultivo, ya que induce la lignificación de la raíz. Por esta razón, en cultivos comerciales se cosecha la zanahoria durante su primer año de crecimiento, antes de que inicie la fase reproductiva (Munizaga, 2022). Las variedades modernas han sido seleccionadas para presentar dominancia apical más prolongada, retrasando así la floración (Renna, 2022).

1.2.3. Hoja

Sus hojas son compuestas, pinnadas, en roseta basal de color verde intenso, pecíolo largo y folíolos dentados. Realizan la fotosíntesis para nutrir la raíz y son indicadores de la salud del cultivo. Su desarrollo óptimo determina el rendimiento radicular (Tinoco, 2020).

1.2.4. Estructuras reproductivas

La zanahoria desarrolla inflorescencias en umbelas compuestas durante su segundo año (fase reproductiva). Cada umbela contiene numerosas flores pequeñas (2-4 mm), blancas o crema, con cinco pétalos y estambres. Las flores son hermafroditas, aunque presentan protandria (primero maduran de los órganos masculinos), lo que favorece la polinización cruzada (Yauli, 2015).

Los frutos son esquizocarpos (tipo aquenio) que se separan en dos mericarpios al madurar, cada uno con costillas longitudinales y espinas cortas (Bedoya, 2024). Esta adaptación facilita la dispersión por animales o el viento. La producción de semillas viables requiere polinización entomófila (principalmente por abejas y dípteros) (Albo y Pérez, 2025).

Cuadro 2. Estadios fenológicos de la zanahoria (*Daucus carota* L.).

0-10 DDS	10-20 DDS	20-30 DDS	40-60 DDS	60-80 DDS	80-120 DDS
Emergencia de cotiledones.	Desarrollo del primer par de hojas verdaderas.	Tercer par de hojas verdaderas; inicio de engrosamiento radicular secundario.	Emergencia visible de la raíz reservarte sobre el suelo.	Expansión foliar completa (roseta de 8-12 hojas); aumento exponencial de diámetro radicular.	Senescencia foliar inicial (amarillamiento basal); máxima acumulación de reservas en raíz.

Nota. Adaptado de Torres y Suasnabar (2022). *(DDS) días después de la siembra.

1.3. Variedades de zanahoria

Las variedades se clasifican según:

Morfología radicular:

- Nantes (cilíndricas).
- Imperator (largas y delgadas).
- Chantenay (cónicas).
- Danvers (cortas/gruesas).
- Flakkee (gran diámetro).

Coloración: Naranja (dominante), morada, amarilla o blanca.

Ciclo: Precoces (90-110 días) o tardías (120-180 días).

Esta diversidad depende de factores genéticos, ambientales y prácticas de cultivo (Coronado, 2019).

1.3.1. Variedades comerciales de zanahoria en Bolivia

El Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal (INIAF) ha registrado tres variedades (INIAF Larga Vida, Altiplano y Montenegro 1) adaptadas a diferentes pisos ecológicos:

- Altiplano (resistencia a heladas).
- Valles interandinos (adaptación a suelos variables).
- Valles mesotérmicos (tolerancia a condiciones cálidas).

Nota técnica: Estas variedades presentan diferencias en ciclo productivo, morfología radicular y resistencia a estrés abiótico, según su zona de adaptación.

Variedad INIAF Larga Vida



Figura 1. Variedad de zanahoria (*Daucus carota* L.) INIAF Larga Vida (Tipo Nantes).

Descripción morfológica:

Follaje: Hábito de crecimiento suelto, longitud foliar de 30-35 cm, con cuello de diámetro intermedio.

Sistema radicular:

- Peso promedio: 100-150 g.
- Longitud: 12-15 cm.
- Morfología: Forma cilíndrico-cónica con hombros redondeados y ápice romo.
- Pigmentación: Coloración naranja intenso uniforme.

Parámetros agronómicos:

Ciclo productivo: 90-150 días (adaptación a condiciones de valle y valles mesotérmicos).

- Potencial productivo: 40 t ha⁻¹.

Características distintivas:

- Excelente uniformidad radicular.
- Adaptación a suelos franco-arenosos.
- Alta concentración de β -carotenos.

Nota técnica: Presenta el perfil típico del grupo Nantes, raíces cilíndricas con extremo romo y mínima lignificación.

Variedad Altiplano



Figura 2. Variedad de zanahoria (*Daucus carota* L.) Altiplano (Tipo Chantenay).

Descripción morfológica:

Follaje: Porte semi erecto, longitud de 30-40 cm, cuello de diámetro intermedio.

Sistema radicular:

- Peso promedio: 120-160 g.
- Longitud: 15-18 cm.
- Morfología: Forma cónica corta con hombros redondeados y ápice romo.
- Coloración: Naranja intenso uniforme (desde epidermis hasta cilindro vascular).

Parámetros agronómicos:

Ciclo vegetativo: 120-180 días.

- Rendimiento esperado: 30-40 t ha⁻¹.
- Adaptación: Especialmente desarrollada para condiciones de altiplano (resistencia a factores abióticos).

Características distintivas:

- Mayor tolerancia a bajas temperaturas.
- Adaptación a suelos franco-arcillosos.
- Uniformidad en tamaño y forma de raíces.
- Baja incidencia de bifurcaciones.

Nota técnica: Presenta el perfil característico del grupo Chantenay, raíces cónicas cortas con excelente adaptación a condiciones de altura (>2500 m s.n.m.) y valles.

Variedad Montenegro 1



Figura 3. Variedad de zanahoria (*Daucus carota* L.) Montenegro 1 (Tipo Chantenay).

Descripción morfológica:

Follaje: Porte semi erecto, longitud reducida (20-25 cm), cuello de diámetro intermedio.

Sistema radicular:

- Peso promedio: 100-150 g.
- Longitud: 12-15 cm.
- Morfología: Forma cónica corta típica del grupo Chantenay.
- Coloración: Naranja uniforme (corte transversal y longitudinal).

Parámetros agronómicos:

- Ciclo vegetativo: 130-150 días.
- Rendimiento esperado: 30 t ha⁻¹.
- Adaptación: zonas de valle (1500-2500 m s.n.m.).

Características distintivas:

- Mayor precocidad respecto a otras de tipo Chantenay.
- Adaptación a suelos francos.
- Baja incidencia de malformaciones radiculares.
- Uniformidad en tamaño y coloración.

Nota técnica: Presenta las características típicas del grupo Chantenay, raíces cónicas cortas, con ciclo reducido y adaptación a condiciones de valle interandino.

2. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO

2.1. Temperatura

La zanahoria es un cultivo de clima templado frío que desarrolla su óptimo crecimiento en rangos de temperatura entre 15-20°C (Torres y Suasnabar, 2022). Para la germinación, requiere temperaturas de suelo entre 7-30°C (óptimo 20-25°C). Durante la fase vegetativa, temperaturas sostenidas por debajo de 10°C pueden inducir a la vernalización prematura, mientras que valores superiores a 25°C provocan estrés térmico, reduciendo la calidad de la raíz (lignificación y pérdida de coloración). Las heladas (-2°C o menores) afectan severamente el follaje en estadios juveniles, aunque variedades adaptadas al altiplano toleran brevemente hasta -4°C. La amplitud térmica diaria (10-15°C diferencia día/noche) favorece la acumulación de azúcares y carotenoides en la raíz (Bastidas, 2015).

2.2. Precipitación

En áreas con precipitaciones entre 400 y 800 mm por ciclo, el cultivo puede desarrollarse sin necesidad de riego. La humedad relativa ideal para su crecimiento se encuentra entre el 70% y el 80 % (Torres, 2015).

2.3. Suelo

En cuanto a condiciones óptimas el cultivo de la zanahoria se desarrolla de manera ideal en suelos profundos y sueltos con una textura arcillo-arenosa o franca, buen drenaje y una concentración de materia orgánica igual o mayor al 4%. Además, se recomienda que el pH del suelo esté entre 5,8 a 7,0 (Pereira, 2021).

Los suelos pesados (arcillosos) dificultan el desarrollo y crecimiento uniforme de la raíz de zanahoria, favoreciendo a la acumulación excesiva de agua, lo que puede causar podredumbres. Además, esta clase de suelos propician el desarrollo de raíces ramificadas, encorvadas, con grandes lenticelas y superficies rugosas (Tenorio y Toapanta, 2023).



Figura 4. Desarrollo de raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.) ramificadas debido a su cultivo en suelos pesados.

Por otro lado, las raíces adquieren una coloración más intensa cuando se cultivan en suelos ligeros (Torres, 2015). Por ello, es fundamental realizar una adecuada preparación del suelo para garantizar un buen crecimiento y calidad de las raíces.

3. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO DE ZANAHORIA

3.1. Preparación del suelo mediante barbecho

El barbecho debe realizarse considerando las siguientes especificaciones técnicas:

Para suelos arenosos (textura liviana):

- Profundidad de labor: 30 cm.
- Número de rastreos: 2.
- Objetivo: Optimizar la aireación del perfil edáfico.

Para suelos arcillosos (textura pesada):

- Profundidad de labor: 40 cm.
- Equipamiento recomendado: Subsoladora o arado de vertedera.
- Objetivo: Romper capas compactadas y mejorar estructura.
- Posterior a estas labores, se debe mantener el suelo en reposo hasta el momento de siembra para permitir la estabilización de la estructura edáfica.



Figura 5. Preparación de terreno para siembra de zanahoria (*Daucus carota* L.), Punata-Cochabamba.

3.2. Abonado o fertilización de fondo

El cultivo de zanahoria muestra mejor respuesta a la aplicación de abonos orgánicos descompuestos, los cuales deben:

- Incorporarse al suelo con 2-3 meses de anticipación a la siembra.
- Distribuirse uniformemente en la capa arable (0-20 cm de profundidad).



Figura 6. Aplicación de estiércol en parcela de producción de zanahoria (*Daucus carota* L) Sipe Sipe-Cochabamba.

Efectos del déficit nutricional:

- Raíces con malformaciones (bifurcaciones, rajado).
- Mayor susceptibilidad a plagas (Gaviola, 2013).

Nota técnica: Evitar el uso de fertilizantes químicos cuando el análisis de suelo indique niveles adecuados de nutrientes.

3.3. Siembra

La zanahoria puede sembrarse durante todo el año mediante siembra directa, siguiendo estos parámetros técnicos:

Profundidad de siembra:

- Óptima: 3-5 mm.
- Máxima permitida: 10 mm (solo en condiciones de alta temperatura superficial y baja humedad del suelo).

Requerimientos:

- Distribución uniforme de semillas.
- Cobertura con capa delgada de suelo fino (Verategui, 2022).

Manejo post siembra:

- Riego inmediato para:
 - Evitar estrés térmico en semillas.
 - Prevenir desecación en suelos arenosos (Reckmann *et al.*, 2009).

Condiciones especiales:

- En suelos arenosos, incrementar frecuencia de riegos ligeros para mantener humedad superficial.
- En suelos arcillosos, evitar la formación de costras superficiales (Rojano, 2020).

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

El Proyecto Hortalizas (2021-2025), ha desarrollado innovaciones tecnológicas clave para optimizar la producción hortícola local, demostrando su impacto en la rentabilidad y sostenibilidad de los cultivos.

Una de las investigaciones demostró que el *priming* (pre hidratación controlada de semillas) con nitrato de potasio al 3% durante 36 horas incrementa la emergencia de zanahoria al 95,33%, acelera el crecimiento y mejora el vigor de las plántulas a un bajo costo.

Por otra parte, otra investigación desarrollada en Patacamaya (La Paz-Bolivia), demostró que la combinación de malla antihelada con prometryn fue la estrategia más efectiva para la protección contra heladas y control de malezas dicotiledóneas, mientras que el pendimethalin mostró mayor eficacia contra monocotiledóneas. Ambas tecnologías resultaron rentables: la malla antihelada con prometryn (TRM: 166,60%) y la cobertura tradicional con prometryn (TRM: 186,08%) se perfilan como alternativas viables para optimizar la producción y el rendimiento del cultivo.

3.3.1. Época de siembra

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

Cuadro 3. Época de siembra del cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.) 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. Elaborado con datos de la *Encuesta Agropecuaria Nacional*, Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2015). *Encuesta agropecuaria 2015: Resultados nacionales*. <https://www.ine.gob.bo>

3.3.2. Densidad de siembra

La cantidad de semilla de zanahoria requerida para la siembra oscila entre 3 y 10 kg ha⁻¹, según el sistema de siembra utilizado. En la siembra al voleo, se emplean de 8 a 10 kg ha⁻¹, mientras que, en la siembra mecanizada, la dosis disminuye entre 3-5 kg ha⁻¹.

La distribución uniforme de la semilla en el suelo es fundamental para alcanzar una densidad óptima de plantas, lo que favorece el desarrollo adecuado de las raíces (Villacorta y Chalco, 2025).

3.3.3. Sistemas de siembra

Los sistemas de siembra más utilizados en Bolivia son:

Siembra al voleo

Este sistema de siembra es el predominante en las zonas productoras de zanahoria, caracterizado por los siguientes aspectos técnicos:

Condiciones del terreno:

- Topografía: Pendiente plana o suave (1-3% de inclinación).
- Precisión: Depende de la habilidad del operador.

Método de siembra:

- Distribución de semilla:
 - Dosificación: 8-10 kg ha⁻¹.
 - Técnica: Dispersión manual uniforme.
- Cobertura:
 - Instrumento: Rastrillo o surcador manual.
 - Profundidad: 3-5 mm (capa de suelo fino).

Sistemas de riego compatibles:

- Inundación.
- Aspersión.
- Cintas de goteo.
- Cintas de lluvia ("*Golden Spray*").

Fundamento técnico de la densidad de siembra:

- Factor crítico: Riesgo de heladas (tardías/tempranas) en estadios iniciales.
- Mecanismo adaptativo:
 - Raleo natural por estrés térmico.
 - Selección de plantas tolerantes y de emergencia tardía.

Resultado: Establecimiento de un stand vegetal óptimo para producción.

Nota técnica: La mayor densidad inicial (vs siembra mecanizada) funciona como estrategia de mitigación de riesgos climáticos, asegurando la viabilidad del cultivo.

Siembra manual en surco a chorro continuo

Este sistema de siembra está diseñado para condiciones específicas de terreno y operación, con las siguientes características técnicas:

Condiciones del terreno:

- Topografía: Pendientes moderadas (1-3% de inclinación).
- Equipo utilizado: Sembradora-surcadora manual (operación integrada).

Parámetros de siembra:

- Configuración del equipo:
 - Profundidad de siembra controlada: ≤1,5 cm.

- Distancia entre surcos: 20 cm (uniformidad garantizada).
- Mecanismo de dosificación: Deposición en chorro continuo.
- Cobertura de semilla:
 - Espesor de suelo: 0,5-1 cm.
 - Tipo: Cobertura superficial homogénea.

Sistemas de riego compatibles:

- Por surcos.
- Por aspersión.
- Cinta de lluvia ("*Golden Spray*").

Manejo de semilla:

- Dosis: 6-8 kg ha⁻¹.
- Factor crítico: Porcentaje de germinación de la semilla.

Condiciones especiales:

- Siembra invernal (>3500 m s.n.m.):
 - Requiere cobertura con paja o rastrojos vegetales.
 - Objetivo: Protección térmica y conservación de humedad.



Figura 7. Siembra de zanahoria (*Daucus carota* L.) a chorro continua con sembradora manual, Patacamaya-La Paz.

Nota técnica: La precisión del equipo permite optimizar la densidad de la población inicial, reduciendo los requerimientos de semilla en comparación con siembra manual, mientras se mantiene estándares productivos.

Siembra mecanizada en cama elevada

Este sistema está diseñado para producción a gran escala, con las siguientes especificaciones técnicas:

Condiciones de operación:

- Topografía: Terrenos planos a suavemente inclinados (0-2% de pendiente).
- Maquinaria: Encamadora-sembradora mecánica acoplada a un tractor agrícola.

Configuración de siembra:

- Preparación de cama:

- Tipo: Camas elevadas (construidas por el implemento).
- Parámetros de siembra:
 - Profundidad: 1-1,5 cm.
 - Distribución espacial:
 - Entre surcos: 20-30 cm.
 - Entre semillas: 4-6 cm.

Ventajas técnicas:

- Siembra precisa con densidad controlada.
- Preparación integrada del lecho de siembra.
- Eficiencia operacional para grandes superficies.



Figura 8. Siembra de zanahoria (*Daucus carota* L.) a chorro continuo con sembradora manual, Patacamaya-La Paz.

Nota técnica: La configuración de 4-6 cm entre semillas permite optimizar el uso de semilla ($\approx 3\text{-}5 \text{ kg ha}^{-1}$) mientras mantiene una población objetivo de 250.000-300.000 plantas ha^{-1} .

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

El Proyecto Hortalizas (2021-2025) ha desarrollado innovaciones tecnológicas clave para optimizar la producción hortícola local, demostrando su impacto en la rentabilidad y sostenibilidad de los cultivos.

Una investigación en Patacamaya (La Paz-Bolivia) determinó que el sistema de siembra mecanizado en camas elevadas mostró un mayor rendimiento comercial de zanahoria ($33,45 \text{ t ha}^{-1}$), mientras que el tradicional fue más efectivo en Tupiza ($25,12 \text{ t ha}^{-1}$) y Villazón ($46,12 \text{ t ha}^{-1}$). Esta diferencia se atribuye principalmente al menor uso de semilla: $4\text{-}4,5 \text{ kg ha}^{-1}$ en siembra mecanizada versus $10\text{-}12 \text{ kg ha}^{-1}$ en el tradicional, lo que influyó directamente en el rendimiento según las condiciones de cada zona.

Otra investigación en Koari (Cochabamba-Bolivia) demostró que el cultivo de zanahoria Altiplano en camas elevadas con siembra en septiembre y riego por aspersión resultó técnica y económicamente viable. Registró alto rendimiento de raíces de primera y segunda calidad ($34,84 \text{ t ha}^{-1}$), con excelentes características morfológicas y una rentabilidad favorable (relación beneficio-coste de 1,63). Este sistema optimiza el proceso productivo al reducir los días a la emergencia,

mejorar la uniformidad de las raíces y aumentar la producción de categorías comerciales de mayor valor.

4. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

4.1. Fertilización

La fertilización es un componente crítico en el cultivo de zanahoria, ya que debe satisfacer los requerimientos nutricionales de la planta manteniendo un equilibrio que evite tanto deficiencias como excesos (Carbo y Delgado, 2022). Como práctica fundamental, se recomienda realizar previamente un análisis de suelo completo, que permite:

- Cuantificar la disponibilidad de nutrientes.
- Establecer las necesidades específicas de enmiendas.
- Diseñar un programa de fertilización ajustado.

Cuadro 4. Plan general de fertilización de zanahoria (*Daucus carota* L).

Días después de la siembra	Nutrientes (kg ha ⁻¹)				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca O	Mg O
Siembra	50	50	100	-	-
30 días	40	50	150	30	20
60 días	30	-	50	70	30
Total	120	100	300	100	50

Nota. Datos adaptados de Chamorro (2017) y Haifa Group (2014).

Funciones y efectos de los macronutrientes principales: Nitrógeno (N)

- Funciones:
 - Síntesis de aminoácidos y proteínas.
 - Componente estructural de la clorofila.
- Efectos por desbalance:
 - Deficiencia: Crecimiento reducido, clorosis, raíces pequeñas.
 - Exceso: Bifurcación radicular (Loaiza, 2024).

Fósforo (P)

- Funciones:
 - Desarrollo del sistema radicular.
 - Transferencia energética (ATP).
- Efectos por desbalance:
 - Deficiencia: Raíces delgadas, bajo rendimiento (Paniagua, 2015).

Potasio (K)

- Funciones:
 - Regulación osmótica.
 - Síntesis de carbohidratos.
- Efectos por desbalance:
 - Deficiencia: Necrosis marginal foliar (Torres, 2015).

Consideraciones finales:

- Las necesidades nutricionales presentan variabilidad en función de:
- Características edáficas.
- Condiciones climáticas.
- Material genético cultivado.
- Objetivos de producción.

Recomendaciones técnicas:

- Fraccionar la aplicación de nitrógeno (50% pre siembra-50% cobertura).
- Incorporar totalmente los fertilizantes fosfatados.
- Ajustar dosis según análisis de suelo y condiciones específicas.
- Realizar monitoreo foliar complementario.

4.2. Riego

El manejo eficiente del riego es fundamental en el cultivo de zanahoria, ya que requiere un suministro hídrico constante y bien dosificado para garantizar un desarrollo radicular óptimo. La correcta aplicación del agua, adaptada a cada etapa fenológica, es clave para obtener raíces de buena calidad, tamaño uniforme y alto rendimiento comercial (Tenorio y Toapanta, 2023).

Láminas y frecuencias de riego:

- Emergencia a 2 hojas verdaderas: Riegos ligeros cada 3-4 días.
- Etapa establecimiento del cultivo: 2,5-4,0 cm/día cada 7-14 días.

Efectos del estrés hídrico:

- Déficit inicial: Reduce hasta 50% el diámetro radicular esperado.
- Déficit continuo: Produce raíces delgadas, deformes, duras y rugosas.
- Exceso hídrico: Causa agrietamiento y pudrición radicular.

Recomendaciones técnicas:

- Mantener riegos progresivos según demanda fenológica.
- Evitar fluctuaciones bruscas en humedad del suelo.
- Ajustar frecuencia e intensidad según etapa de desarrollo.

Impacto en calidad:

- El manejo adecuado del riego:
 - Optimiza el rendimiento comercial.
 - Mejora la calidad de raíces (tamaño, forma y textura).
 - Previene deformaciones y problemas fisiológicos.

4.2.1. Sistemas de riego utilizados en el cultivo de zanahoria en Bolivia

Los sistemas de riego más usados por los productores de zanahoria son:

Riego por gravedad

El agua fluye por acción gravitacional, aprovechando la pendiente natural del terreno (1-3%). La combinación de la pendiente y la carga hídrica permite una infiltración gradual del agua a través de los surcos o franjas de cultivo.

Parámetros técnicos recomendados (Tapia, 2021):

- Lámina de riego: 46 mm por aplicación.
- Frecuencia: cada 6-8 días.

Este método requiere una adecuada nivelación del terreno y un manejo preciso del caudal para garantizar una distribución uniforme del agua en todo el lote de cultivo.

Riego tecnificado

Estos sistemas, permiten aprovechar adecuadamente el recurso agua y aplicar fertilizantes, insecticidas, etc., durante el riego. Se consideran las alternativas más adecuadas y eficientes en la aplicación del agua de riego, favoreciendo a la productividad del cultivo de zanahoria.

Sistema de riego por aspersión

Este método de riego distribuye el agua en forma de lluvia artificial mediante aspersores conectados a una red de tuberías. Su operación requiere presiones elevadas, generadas mediante:

- Motobombas (sistemas convencionales).
- Desniveles topográficos (aprovechamiento de pendientes naturales).

Características principales:

- Aplicación uniforme sobre la superficie del cultivo.
- Adecuado para diversas etapas fenológicas.
- Permite el control preciso de láminas de riego.



Figura 9. Sistema de riego por aspersión en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.), Punata-Cochabamba.

Nota técnica: La eficiencia del sistema depende del correcto diseño hidráulico y selección de aspersores según las necesidades del cultivo.

Sistema de riego por goteo

Este método aplica agua filtrada y fertilizantes directamente en la zona radical, operando a bajas presiones (Tapia, 2014). Presenta las siguientes características técnicas:

Ventajas principales:

- Máxima eficiencia en el uso de agua ($>90\%$).
- Aplicación precisa de nutrientes (fertirriego).
- Reducción de pérdidas por evaporación.

Limitaciones específicas:

- No recomendado para germinación:
 - Baja uniformidad en emergencia.
 - Riesgo de desplazamiento de semillas.
- Requerimientos técnicos:
 - Filtración previa del agua (120 mesh).
 - Mantenimiento periódico del sistema.

Recomendaciones de uso:

- Instalación postemergencia, cuando las plantas tienen 2-4 hojas verdaderas.
- Colocación de laterales a 10-15 cm de profundidad.
- Empleo de goteros auto compensados (caudal $1-2 \text{ L h}^{-1}$).



Figura 10. Sistema de riego por goteo en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.), Punata-Cochabamba.

Nota técnica: Aunque no es adecuado para la fase inicial, su implementación en etapas vegetativas mejora significativamente el desarrollo radicular y la eficiencia del riego.

Sistema de riego por cinta de lluvia

El riego por cinta de lluvia (*Golden Spray*) es un sistema eficiente y de bajo costo ampliamente adoptado en las principales zonas productoras de zanahoria en Bolivia.

Descripción técnica:

- Tipo: Aspersión a baja presión (0,5-1,5 bar).
- Componente principal: Manguera plana y flexible con orificios calibrados.
- Patrón de distribución: Chorro intermitente en abanico.
- Radio de cobertura: 3-5 metros por lateral.

Ventajas para el cultivo de zanahoria:

- Cubre eficientemente la fase crítica de germinación.
- Menor impacto de gota vs aspersión convencional.
- Bajo costo operativo y de mantenimiento.
- Permite aplicación foliar de nutrientes.

Recomendaciones técnicas:

- Presión óptima: 1-1,2 bar.
- Espaciamento entre líneas: 6-10 m.
- Pendiente máxima: 5%.
- Vida útil promedio: 2-3 campañas.

Limitaciones:

- Sensible a obstrucciones por sedimentos.
- Requiere filtración básica (120 mesh).
- Almacenamiento protegido entre cosechas.



Figura 11. Riego por sistema *Golden Spray* en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L.), Playa Ancha-Capinota.

Nota técnica: Este sistema representa una solución práctica para pequeños y medianos productores, combinando eficiencia hídrica con facilidad de operación.

Cuadro 5. Ventajas y desventajas de los principales sistemas de riego.

Sistema de riego	Ventajas	Desventajas
Gravedad	Bajo costo de instalación. Eficiencia de riego del 65%.	No se pueden aplicar fertilizantes y pesticidas solubles. Necesita supervisión para evitar encharcamientos.

Sistema de riego	Ventajas	Desventajas
		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.
Cinta de lluvia	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.

4.3. Raleo de plantas

Esta labor se realiza entre los 25-30 días posteriores a la siembra, cuando las plantas presentan 3-4 hojas verdaderas y alcanzan 3-5 cm de altura. El proceso consiste en eliminar manualmente el exceso de plantas, manteniendo una separación final de 4-6 cm entre ellas.

Aspectos clave:

- Debe ejecutarse con extremo cuidado para no dañar las plantas remanentes.
- Se prioriza la eliminación de plantas débiles o mal formadas.
- Es fundamental para obtener raíces de buen calibre y forma.

Efectos de no realizar el raleo:

- Competencia excesiva entre plantas.
- Desarrollo de raíces delgadas.
- Mayor incidencia de deformaciones radicales.
- Reducción del rendimiento comercial.

Recomendaciones prácticas:

- Realizar la labor en horas de menor temperatura.

- Regar ligeramente antes del raleo para facilitar la extracción.
- Evitar compactar el suelo durante la operación.
- Aplicar riego ligero posterior al raleo.

4.4. Control de malezas

Las malezas compiten por nutrientes, agua y luz, reduciendo el rendimiento y calidad del cultivo. Un control tardío de estas, disminuye la población de plantas y su desarrollo. Para maximizar la producción, es esencial mantener el cultivo libre de malezas durante todo su ciclo fenológico (Pereira, 2021). El manejo de malezas es fundamental en la producción de zanahoria, donde el método de siembra empleado determina significativamente la eficiencia de esta labor.

Control manual de malezas sistema tradicional de siembra

- Método predominante: Control manual.
 - Limitaciones:
 - Distribución dispersa de plantas en la parcela.
 - Dificultad para diferenciar malezas de cultivos en etapas iniciales.
 - Mayor riesgo de daño a plantas durante el deshierbe.

Control manual de malezas sistema mecanizado en camas elevadas:

- Ventajas operativas:
 - Distribución en hileras uniformes.
 - Facilita el desmalezado manual y mecánico.
 - Reduce pérdidas de plantas durante el control.
 - Disminuye requerimiento de mano de obra.
- Impacto económico:

La siembra mecanizada en camas reduce hasta un 40% los costos de control de malezas comparado con el sistema tradicional, según experiencias locales.



Figura 12. Control manual de malezas en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* L), Capinota-Cochabamba.

Nota técnica: La transición a sistemas ordenados de siembra mejora sustancialmente la eficiencia del control de malezas, optimizando recursos y protegiendo el cultivo.

Control químico de malezas

El control químico de malezas en zanahoria requiere una aplicación estratégica en momentos específicos del desarrollo del cultivo, utilizando productos selectivos que garanticen eficacia sin afectar el crecimiento de las plantas.

Etapas de aplicación:

- Aplicación en preemergencia:
 - Momento: Inmediatamente posterior a la siembra.
 - Objetivo: Crear barrera herbicida en suelo.
 - Productos: Herbicidas residuales.
 - Condiciones: Suelo húmedo (no encharcado).
- Aplicación en postemergencia:
 - Momento cultivo: ≥ 4 hojas verdaderas.
 - Momento malezas: ≤ 4 hojas verdaderas.
 - Productos: Herbicidas selectivos.
 - Tipos:
 - Para hoja ancha (dicotiledóneas).
 - Para hoja angosta (monocotiledóneas).
- Factores críticos:
 - Humedad edáfica durante aplicación.
 - Selectividad del producto.
 - Estado fenológico óptimo.
 - Condiciones climáticas adecuadas.
- Recomendaciones:
 - Calibrar equipo de aplicación.
 - Verificar compatibilidad con el cultivo.
 - Respetar dosis y ventanas de aplicación.
 - Alternar mecanismos de acción.
- Precauciones:
 - Evitar aplicaciones con estrés hídrico.
 - No exceder dosis recomendadas.
 - Considerar la residualidad en el suelo.

Cuadro 6. Herbicidas para el control de malezas en el cultivo de zanahoria.

Ingrediente Activo	Dosis	Época de aplicación	Acción
Linuron	40 a 70 cc 20 L ⁻¹ de agua.	Postemergencia (2 a 3 hojas de la maleza)	Sistémico selectivo Hoja ancha y angosta
Metribuzin	20 cc 20 L ⁻¹ de agua.	Pre y postemergencia	Sistémico selectivo Hoja angosta
Haloxifop-R-methyl ester	20 cc 20 L ⁻¹ de agua.	Postemergencia	Graminicida Sistémico Hoja angosta

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2020.

4.5. Manejo fitosanitario de plagas

4.5.1. Plagas insectiles

El cultivo de zanahoria es afectado por insectos plaga que se clasifican en aéreos (atacan follaje y tallos) y radiculares (dañan raíces), los cuales mediante alimentación y oviposición reducen el rendimiento y calidad comercial del cultivo (Quesada *et al.*, 2022).

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

Son las principales plagas que afecta al cultivo de zanahoria.

Descripción morfológica (Quesada *et al.*, 2022):

- Adultos: Coloración verde a verde-amarillenta, cuerpo ovalado y alargado.
- Formas aladas: Presentan mancha dorsal negra en el abdomen.
- Adaptación: Desarrollo de alas bajo condiciones adversas para cambio de hospedero.

Biología y daños:

- Reproducción: Sexual y asexual (facilita rápida proliferación).
- Tipo de daño:
 - Alimentación por succión de savia (picadura de epidermis foliar).
 - Abarquillamiento foliar severo.
 - Debilitamiento general de plantas.
 - Transmisión de virosis (Guerrón, 2016).

Control biológico:

- Depredadores naturales:
 - *Coccinella septempunctata*.
 - *Chrysopa spp.*
- Parasitoides:
 - *Aphidius colemani* (desarrollo larvario endoparásito).

Control químico recomendado (Torres y Suasnabar, 2022):

- Ingredientes activos: Acetamiprid, imidacloprid, flonicamid, pimetrozina, pirimicarb, tiametoxam, tiacloprid.

Nota técnica: La alternancia de modos de acción y la preservación de enemigos naturales son críticos para el manejo integrado de esta plaga.

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

Es otra plaga del cultivo de zanahoria de importancia.

Descripción morfológica (Avilés, 2022):

- Adultos: Cuerpo alargado (15-17 mm), coloración marrón.
- Huevos: Depositados en suelo cercano a tallos.
- Larvas:
 - Forma cilíndrica.
 - Color amarillo-anaranjado.
 - Tres pares de patas.
 - Mandíbulas desarrolladas.

Biología y daños:

- Hábito: Nocturno (larvas).
- Tipo de daño:
 - Alimentación radicular (excavando galerías radiculares).
 - Infecciones secundarias (pudrición radicular).
 - Debilitamiento y muerte de plantas.

Control integrado:

- Control químico:
 - Insecticidas sistémicos (primeros estadios del cultivo).
- Control cultural:
 - Preparación adecuada del terreno.
 - Rotación de cultivos.
 - Control de malezas.
 - Manejo óptimo del riego.
- Control biológico:
 - *Beauveria bassiana* (aplicación al suelo).
 - *Metarhizium anisopliae* (aplicación al suelo).

Nota técnica: La combinación de métodos químicos, culturales y biológicos mejora la eficacia del manejo integrado de esta plaga.

Gallina ciega (*Phyllophaga spp.*)

Descripción morfológica:

- Adultos: Escarabajos de tamaño mediano a grande, coloración pardo oscuro a naranja parduzco.
- Huevos: Depositados en suelo (2-10 cm de profundidad), cerca de plantas hospederas o malezas.
- Larvas:
 - Color blanco cremoso.
 - Forma corporal en "C".
 - Mandíbulas desarrolladas.

Biología y daños:

- Ciclo biológico: 1-2 años (3 estadios larvarios).
- Mayor daño: Tercer estadio larval (alimentación radicular intensiva).
- Impacto:
 - Pérdida parcial o total del cultivo.
 - Daño irreversible al sistema radical.

Manejo integrado:

- Control cultural (prioritario):
 - Preparación adecuada del terreno.
 - Control de malezas.
 - Manejo óptimo del riego.
- Control biológico:
 - Opción recomendada para larvas.

- Control químico (únicamente para adultos):
 - Enfoque en reducción poblacional de adultos.
 - Limitada eficacia contra estadios larvarios.

Nota técnica: El manejo efectivo requiere énfasis en métodos preventivos (culturales y biológicos), dada la baja eficacia de los controles químicos convencionales contra las larvas.

Nematodos

Descripción biológica:

- Morfología: Gusanos microscópicos segmentados acuáticos.
- Hábitat: Película de agua del suelo.
- Especies: *Meloidogyne hapla*, *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica*, *Ditylenchus dipsaci*, *Nacobbus aberrans*, *Pratylenchus penetrans*.

Biología y daños:

- Hábitos alimenticios: Fitófagos (zona radical).
- Sobrevivencia: Capacidad quiescente en suelo/rastrojos.
- Dispersión: Maquinaria agrícola/agua de riego.
- Daños directos:
 - Necrosis celular.
 - Hipertrofia/hiperplasia.
 - Formación de agallas.
- Daños indirectos:
 - Transmisión de virus.
 - Puerta de entrada para patógenos.

Síntomas en cultivo:

- Clorosis/necrosis foliar (agravado por estrés hídrico).
- Mortalidad de plantas.
- Deformaciones radiculares (agallas, bifurcaciones).

Manejo integrado:

- Control cultural:
 - Evitar estrés hídrico/nutricional.
 - Solarización.
 - Minimizar daño mecánico a raíces.
 - Rotación de cultivos.
 - Eliminación de malezas hospederas.
 - Incorporación de materia orgánica.
- Control ecológico:
 - Extractos de ajo.
 - Microorganismos antagonistas: *Pasteuria spp.*, *Beauveria spp.*, *Trichoderma spp.*
- Control químico (limitado):
 - Riesgo de contaminación ambiental.
 - Eliminación de fauna benéfica.
 - Potencial desarrollo de resistencia.



Figura 13. Malformaciones en raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.) causadas por nematodos.

Nota técnica: El manejo efectivo requiere enfoque preventivo, priorizando métodos culturales y ecológicos sobre el control químico.

Cuadro 7. Ingredientes activos para el control químico de plagas insectiles de importancia, algunas plagas eventuales y nematodos en el cultivo de zanahoria.

Insectos plaga y nematodos	Ingredientes Activos	Dosis	Acción	
	Gusano alambre	Cypermethrin	10 cc 20 L ⁻¹ de agua	Contacto e ingestión
	Gusano Agrotis	Cypermethrin	75 a 100 cc 20 L ⁻¹ de agua	Sistémica y de contacto
	Nematodos	Acephate	1,0 a 1,25 kg ha ⁻¹	Contacto e ingestión
	Pulgones	Carbofuran	3,5 a 5,0 L ha ⁻¹	Amplio espectro, de contacto e ingestión
	Gallina ciega	Lambda-Cytralo-thrin	20 a 25 cc 20 L ⁻¹ de agua	Amplio espectro, de contacto e ingestión

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2020.

4.5.2. Plagas fúngicas

Durante el ciclo del cultivo de zanahoria, pueden surgir diversas plagas fúngicas dependiendo de las condiciones climáticas, llegando a afectar la productividad del cultivo, algunas de las plagas fúngicas más comunes en el cultivo de zanahoria son:

Oídio (*Erysiphe umbelliferarum*)

Descripción morfológica:

- Manifestación: Polvo blanco-cenizo (conidios y conidióforos).
- Localización: Hojas, tallos, brotes y flores.

Síntomas y daños:

- Evolución: Estructuras afectadas se tornan amarillentas.
- Consecuencias:
 - Secado progresivo de tejidos.
 - Debilitamiento general de la planta.
 - Muerte prematura en casos severos.

Control químico:

- Preventivo: Fungicidas de contacto (aplicación temprana).
- Curativo (alta incidencia): Fungicidas sistémicos (tratamiento posterior a infección) (Cecchini, 2016).

Nota técnica: La efectividad del control depende del momento de aplicación y la severidad de la infección.

Cuadro 8. Ingredientes activos para el control de Oidiosis en el cultivo de zanahoria.

Ingrediente activo	Dosis	Presentación del producto
Clortalonil 30%+Metil Tiofanato 17%	40 a 50 cc 20 L ⁻¹ de agua	Suspensión concentrada
Etrímol 6%+Maneb 40%	60 a 120 cc 20 L ⁻¹ de agua	Suspensión concentrada
Propiconazol y difenoconazol	0,2 L ha ⁻¹	Concentrado emulsionante

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2020.

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

Esta enfermedad representa uno de los mayores problemas para el cultivo de zanahoria.

Importancia económica:

- Enfermedad crítica que afecta la calidad comercial de las raíces.

Síntomas:

- Localización: Exclusivamente en raíces.
- Características:
 - Manchas elípticas y translúcidas y con bordes bien definidos.
 - Tamaño: hasta 2 cm de largo×2-4 mm de profundidad.

Nota técnica: Ausencia de síntomas foliares.

Manejo integrado:

- Control cultural:
 - Implementación de sistemas de drenaje eficientes.
 - Evitar suelos pesados (textura arcillosa).
 - Rotaciones de cultivos prolongadas.
 - Manejo balanceado de fertilización nitrogenada.
- Control químico:
 - Ingrediente activo: metalaxil (5%).
 - Dosis: 20-40 g ha⁻¹.
 - Método: Aplicación dirigida al suelo (González, 2018).

Nota técnica: La efectividad del control depende de la detección temprana y la combinación de prácticas culturales con aplicaciones químicas oportunas.

Quemadura de las hojas (*Alternaria dauci*)

Es otra de las enfermedades más perjudiciales en el cultivo de zanahoria.

Impacto económico:

- Enfermedad más destructiva del cultivo.
- Pérdidas de rendimiento hasta 90%.
- Afecta raíces (cancros) y semillas (marcas de nascencia).

Epidemiología:

- Vía de propagación: Semillas contaminadas.
- Época de mayor incidencia: Verano-otoño.
- Condiciones favorables:
 - Alta humedad relativa.
 - Temperaturas cálidas.

Síntomas característicos:

- Localización: Bordes foliares.
- Morfología:
 - Lesiones marrón-verdosas.
 - Apariencia similar a quemaduras.
- Efecto fisiológico: Reducción de capacidad fotosintética.

Manejo integrado:

- Control cultural:
 - Desinfección de semillas (método preventivo clave).
- Control químico (fungicidas):
 - Ingredientes activos recomendados: mancozeb (12%), oxiclورو de cobre (8,6%), sulfato de cobre (2,5%), carbonato básico de cobre (2,18%), sulfato cuprocálcico (17,5%), zineb (7%) (Cruz, 2018).

Nota técnica: La efectividad del control depende de la aplicación preventiva en condiciones ambientales favorables, combinación de métodos culturales y químicos y calidad de la semilla utilizada.

Cuadro 9. 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 20 L ⁻¹ de agua	Sistémico y contacto
Sharcarb	Carbendazim	20 a 40 cc 20 L ⁻¹ de agua	Sistémico preventivo curativo
Fuji-one	Isoprothiolane	40 a 60 cc 20 L ⁻¹ de agua	Sistémico preventivo curativo
Folio gold	Chlorothalonil y metalaxil-M	50 a 70 cc 20 L ⁻¹ 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 20 L ⁻¹ de agua	Preventivo de amplio espectro

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2020.

Pudrición blanda (*Erwinia carotovora*)

Es una de las enfermedades más frecuentes en el cultivo de zanahoria en Bolivia.

Mecanismo de acción bacteriana:

- Invasión tisular: Extracelular e intracelular.
- Patogénesis:
 - Colonización de vasos xilemáticos.
 - Degradación enzimática de la lámina media.
 - Separación celular y maceración tisular.

Síntomas característicos:

- Pudrición blanda:
 - Consistencia acuosa y blanda.
 - Olor fétido característico.
 - Coloración pardo-amarillenta de tejidos.

Manejo integrado:

- Control cultural:
 - Rotación de cultivos (3-4 años).
 - Eliminación de raíces infectadas.
 - Evitar heridas mecánicas en las raíces durante cosecha.
- Control químico:
 - Productos a base de cobre (aplicación preventiva).

- Control biológico:
 - Antagonistas microbianos: *Trichoderma sp.* (aplicación al suelo), *Bacillus thuringiensis* (pulverización foliar) (Aguilar *et al.*, 2021).



Figura 14. Pudrición blanda (*Erwinia carotovora*) en raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.).

Nota técnica: La efectividad del control depende de la aplicación combinada temprana de medidas preventivas y manejo postcosecha adecuado.

4.6. Cosecha

La cosecha marca el final de la etapa de cultivo y el inicio de la preparación o acondicionamiento para el mercado. En el cultivo de zanahoria, la madurez y el momento de la cosecha se determinan mediante muestras del desarrollo de la raíz, generalmente realizados a partir de los cuatro meses del ciclo del cultivo. Además, se considera la demanda del mercado, ya que las zanahorias no tienen una fase de madurez definida, como los frutos o las semillas, por lo que se cosecharán cuando se considere conveniente (Celi, 2021).



Figura 15. Cosecha de zanahoria (*Daucus carota* L.) variedad INIAF Larga Vida.

Por otro lado, si el ciclo del cultivo de zanahoria es largo y la cosecha es tardía, el peso como el contenido de fibra de las raíces incrementa, ocasionando una pérdida de su calidad comercial. Sin embargo, en épocas de escasez de zanahorias, la calidad pasa a un segundo plano y se prioriza principalmente el peso en la venta, sin que esto afecte el precio del producto. Por otro lado, cuando los precios son altos, las zanahorias suelen cosecharse antes de alcanzar su tamaño y producción comercial óptimos (Cofre, 2015).

En la práctica, las decisiones de cosecha se toman en función de diversos criterios, que varían según el 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 desprende fácilmente al frotarla con los dedos (Verdugo *et al.*, 2021).

4.6.1. Época de cosecha

Las épocas de cosecha de zanahoria varían según los pisos agroecológicos y la variedad cultivada. En la siguiente tabla se presentan las épocas de cosecha de zanahoria por departamento.

Cuadro 10. 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. Elaborado con datos de la *Encuesta Agropecuaria Nacional*, Instituto Nacional de Estadística [INE]. (2015). *Encuesta agropecuaria 2015: Resultados nacionales*. <https://www.ine.gob.bo>

4.6.2. Cosecha manual

La cosecha manual es una práctica común en las zonas productoras de zanahorias en el país. Esta metodología no implica inversiones iniciales significativas, además se adapta bien a cultivos con períodos prolongados de cosecha como es el caso de la zanahoria. Una de las ventajas de este método es que permite cubrir la demanda de mano de obra generada por los picos de maduración asociados con las condiciones climáticas, a través de la contratación adicional de personal.

Cuadro 11. Ventajas y desventajas de la cosecha manual de zanahoria (*Daucus carota* L.).

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. Adaptado de Verástegui (2022).

4.6.3. Cosecha mecanizada del cultivo de zanahoria

La cosecha mecanizada de zanahoria se realiza de dos formas: una mediante máquinas que arrancan las zanahorias al pinzar las hojas y liberarlas del suelo con una cuchilla rotativa y la otra con máquinas que remueven la tierra para facilitar la recolección de raíces.

La cosecha mecanizada tiene como principal ventaja la reducción de costos por tonelada de raíz recolectada. Sin embargo, presenta algunas 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 diseñar toda la operación desde el cultivo, considerando aspectos como la distancia entre hileras, la nivelación del terreno, las labores culturales. También es fundamental elegir variedades que se adapten al manejo mecánico brusco. Asimismo, la preparación para el mercado, que incluye la clasificación, limpieza y empaque, debe estar adaptada para manejar volúmenes considerables de producto.

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

- Las zanahorias se cosechan cuando están en un estado relativamente inmaduro, pero han alcanzado un tamaño suficiente para llenar la punta y desarrollar un adelgazamiento uniforme en la raíz.
- La longitud de raíz es un parámetro clave para determinar la madurez de la zanahoria en el momento de la cosecha y este índice varía según la variedad cultivada.

Cuadro 12. Ventajas y desventajas de la cosecha mecanizada de zanahoria (*Daucus carota* L.).

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. Adaptado de Verástegui (2022).

4.7. Postcosecha

En la mayoría de las zonas productoras de zanahoria del país, después de la cosecha, las raíces se colocan sobre el suelo para realizar el descolado. Este proceso consiste en cortar las hojas utilizando tijeras de poda o cuchillos limpios y desinfectados, realizando el corte lo más cerca posible del cuello de la raíz con un ligero ángulo hacia él. Inmediatamente después se realiza la preselección de las raíces en campo.

4.7.1. Preselección de raíces de zanahoria en campo

Es importante realizar una preselección en campo durante la cosecha para descartar aquellas raíces que no cumplan con los requisitos de calidad, como la coloración naranja adecuada, la presencia excesiva de raicillas, la firmeza y un adelgazamiento uniforme desde los hombros hasta la punta. Este proceso ayuda a prevenir pérdidas de tiempo y dinero en el lavado y transporte de zanahorias no aptas para la venta. Una vez terminada la preselección, es necesario eliminar las raíces que presenten signos de enfermedades para evitar posibles fuentes de infección.



Figura 16. Postcosecha de zanahoria: preselección en campo (*Daucus carota* L.), Soracachi-Oruro.

4.7.2. Lavado de raíces de zanahoria

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



Figura 17. Lavado mecánico de raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.) y embolsado por categorías.

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

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



Figura 18. Selección de raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.) por categorías.

4.7.3.1. Categoría raíces de primera

Estas raíces son maduras, enteras, sanas, de tamaño grande, con un diámetro de 2,5 cm y una longitud de 17 a 20 cm, y un peso que oscila entre los 100 y 200 g. Presentan 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 zanahorias es la que alcanza el precio más alto en el mercado de consumo.



Figura 19. Raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.) variedad Altiplano de primera categoría.

4.7.3.2. Categoría raíces de segunda

Estas raíces son maduras, enteras, sanas, de tamaño grande con un diámetro de 2,5 cm y una longitud de 14 a 16 cm, y un peso que varía entre los 80 y 90 g. Presentan 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 tiene un precio menor en comparación a las raíces de primera.

Cuadro 13. Clasificación de las raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.) por categorías.

Categoría	Características
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. Adaptado de Verdugo *et al.* (2021).



Figura 20. Raíces de zanahoria (*Daucus carota* L.) de segunda categoría sin lavar.

4.7.3.3. 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 los mercados de consumo.

4.7.3.4. Raíces de descarte

Estas raíces son inmaduras o muy maduras, con rajaduras o partidas que llegan al corazón, bifurcadas, con raicillas en exceso y muestran presencia de enfermedades. Esta categoría de raíz se emplea comúnmente como alimento de animales domésticos.

4.8. Conservación y almacenamiento de raíces de zanahoria

En el país, las zanahorias producidas a altitudes superiores a los 2.500 m s.n.m. pueden conservarse en el suelo por períodos de hasta tres meses sin perder sus cualidades para el mercado de consumo. En cambio, las zanahorias producidas a altitudes inferiores no pueden conservarse por mucho tiempo, por lo que deben ser transportadas de inmediato a los mercados de consumo tras la cosecha.

La zanahoria puede ser almacenada en cámaras de refrigeración para su conservación; sin embargo, el costo de instalación es elevado y necesita personal capacitado para su manejo.

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 almacenadas a una temperatura de 0°C y una humedad relativa de 98%. Las zanahorias sin hojas tienen una vida útil mayor de 7 a 9 meses almacenadas a una temperatura de 0°C y una humedad relativa de 98%. La conservación de zanahoria por debajo de 0°C, causa daño por el frío, provocando manchas oscuras en su interior. Otro aspecto importante de la conservación de zanahoria, es que esta puede ser almacenada por tiempos relativamente prolongados, aunque la duración concreta del tiempo de conservación depende de la variedad y la técnica de conservación utilizada.

4.9. Transporte de la producción de zanahoria

Las frutas y hortalizas frescas deben transportarse de manera que se reduzcan al mínimo las probabilidades de contaminación microbiana, química o física (OMS, 2024).

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 hortaliza.

Dado que la zanahoria es altamente sensible al etileno, es importante evitar su transporte junto con especies que producen este gas. El transporte de esta hortaliza debe realizarse a una temperatura que no exceda los 20°C, ajustándose a la duración del traslado y evitando el contacto directo con la luz.



Figura 21. Transporte de raíces embolsadas de zanahoria (*Daucus carota* L.) al mercado para su comercialización.

5. MERCADEO AGRÍCOLA DE ZANAHORIA

El consumo per cápita de zanahoria en Bolivia es de 7,1 g/persona/día. Durante la gestión 2021, se han producido 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 (OAP, 2022).

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 de las ciudades de Santa Cruz de la Sierra, La Paz y Cochabamba principalmente; un 20% para satisfacer el mercado regional del país, ciudades intermedias, municipios y localidades y un 1% para autoconsumo.



Figura 22. Productores de zanahoria durante la comercialización.

El Estado Plurinacional de Bolivia tiene un gran potencial para producir zanahorias de excelente calidad. Tiene el desafío de desarrollar nuevas variedades que ofrezcan altos rendimientos, sean resistentes a enfermedades y cumplan con los estándares de calidad para exportación. Esto permitiría, en el futuro, satisfacer la demanda del mercado interno y hacer que la producción nacional sea competitiva a nivel internacional, abriendo la posibilidad de exportar zanahorias a mercados globales.

GLOSARIO

A

Abonado de fondo: Aplicación de fertilizantes orgánicos o químicos antes de la siembra para mejorar la fertilidad del suelo.

Acephate: Insecticida utilizado para controlar nematodos en el cultivo de zanahoria.

Aguado: Defecto en raíces causado por exceso de agua, que provoca agrietamiento.

Alternaria dauci: Hongo causante de la "quemadura de hojas" en zanahoria.

Apiaceae: Familia botánica a la que pertenece la zanahoria, caracterizada por inflorescencias en umbela.

Aphis spp.: Pulgones que afectan el follaje de la zanahoria, transmitiendo virosis.

B

Barbecho: Labor agrícola que prepara el suelo mediante arado y rastreo antes de la siembra.

β -carotenos: Pigmentos antioxidantes precursores de la vitamina A, abundantes en zanahoria.

Bifurcación: Deformación radicular causada por suelos compactados o daño mecánico.

C

Cavity spot: Enfermedad radicular causada por *Pythium spp.*, que forma manchas hundidas.

Chantenay: Variedad de zanahoria de raíz cónica corta, adaptada a suelos pesados.

Clortalonil: Fungicida usado contra oídio en zanahoria.

Cobrethane: Fungicida a base de cobre para controlar enfermedades foliares.

D

Daucus carota L.: Nombre científico de la zanahoria.

Dicotiledónea: Clase de plantas a la que pertenece la zanahoria, con semillas de dos cotiledones.

Ditylenchus dipsaci: Nematodo que afecta raíces de zanahoria.

E

Erwinia carotovora: Bacteria causante de la pudrición blanda en postcosecha.

Erysiphe umbelliferarum: Hongo que provoca oídio (polvo blanco en hojas).

Escapo: Tallo floral erecto que emerge en el segundo año del ciclo bienal.

F

Fertirriego: Aplicación de fertilizantes solubles a través del sistema de riego.

Flakkee: Variedad de zanahoria de gran diámetro y forma cilíndrica.

G

Gallina ciega (*Phyllophaga spp.*): Larvas de escarabajo que dañan raíces.

Geotropismo positivo: Crecimiento de la raíz hacia el centro de la gravedad terrestre.

Golden Spray: Sistema de riego por cinta de lluvia a baja presión.

H

Herbicida residual: Producto químico que previene la germinación de malezas.

Híbridos: Variedades mejoradas genéticamente para mayor rendimiento o resistencia.

I

INIAF: Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal de Bolivia, responsable de registrar variedades adaptadas.

Imperator: Variedad de zanahoria larga y delgada.

L

Lignificación: Endurecimiento de tejidos radiculares por floración prematura o estrés.

Linuron: Herbicida selectivo para control de malezas en postemergencia.

M

***Meloidogyne spp.*:** Nematodos formadores de agallas en raíces.

Metribuzin: Herbicida para control de malezas en pre y postemergencia.

N

Nantes: Variedad de zanahoria cilíndrica con extremo romo.

O

Oídio: Enfermedad fúngica que forma polvo blanco en hojas.

P

***Pythium violae*:** Patógeno causante de *Cavity spot*.

Protandria: Maduración primero de los órganos masculinos en flores, favoreciendo polinización cruzada.

Q

Quemadura de hojas: Enfermedad causada por *Alternaria dauci*.

R

Raleo: Eliminación manual de plantas excedentes para optimizar espacio y recursos.

S

Senescencia: Envejecimiento natural de las hojas al final del ciclo.

Solarización: Técnica de desinfección de suelos usando calor solar.

T

Tiametoxam: Insecticida sistémico contra pulgones.

***Trichoderma spp.*:** Hongo antagonista usado en control biológico de enfermedades.

U

Umbelífera: Antiguo nombre de la familia Apiaceae, por sus inflorescencias en umbela.

V

Vernalización: Inducción a la floración por exposición a bajas temperaturas.

Z

Zanahoria morada: Variedad con alto contenido de antocianinas, pigmentos antioxidantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, R., Ruiz, W., Morales, A., Rafael, R., Tirado, J., Saucedo, M., y Teodor, K. (2021). Pudrición blanda en el pseudotallo de banano orgánico (*Musa sp*): sintomatología, caracterización cultural y bioquímica, patogenicidad y alternativas de manejo. *Scientia Agropecuaria*, 12(4), 571-578. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172021000400571&script=sci_abstract
- Albo, G. y Pérez, R. (2025). Polinización de cultivos de interés agronómico. *Libros de Cátedra*. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/182374>
- 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>
- Balseca, E. (2018). *Caracterización Físico-Química de dos ensilajes de zanahoria (Daucus Carota) utilizando inóculos microbianos nativos* (Universidad Estatal Amazónica). <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/343>
- Bastidas, R. (2015). *Estudio del efecto de la aplicación de sanitizantes en la calidad de zanahoria (Daucus carota L.) De in gama*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10505>
- Bedoya, J. (2024). Apoyo en el manejo de sistemas agrícolas del Centro de Biosistemas Alberto Lozano Simonelli con énfasis en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota*) bajo invernadero. <https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/handle/20.500.12010/34911>
- Carbo, X., Uriola, R., y Delgado, I. (2022). Influencia de la fertilización orgánica en el crecimiento y desarrollo del cultivo de la zanahoria. *Revista Científica Agroecosistemas*, 10(3), 41-50. <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/560>
- Cecchini, V. (2016). *Relevamiento de plagas y enemigos naturales en el cultivo de zanahoria bajo dos sistemas de producción en el valle inferior del río Negro* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Río Negro). <http://rid.unrn.edu.ar:8080/handle/20.500.12049/401>
- Celi, A. J. (2021). *Manejo postcosecha del cultivo de zanahoria (Daucus carota L.) para su comercialización* (UTB, 2021). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/4900>
- Chamorro, A. (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.) [UTB, 2017]. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3191>
- Cofre, F. (2015). Evaluación del rendimiento y la productividad en el cultivo de Zanahoria (*Daucus Carota* l.) en dos modelos de producción orgánico y convencional en la hacienda San Gabriel del cantón Latacunga. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/1dff0578-aa30-413d-90d6-1945bb2208d9>
- Coral, V., y Gallegos, R. (2015). Determinación proximal de los principales componentes nutricionales de harina de maíz, harina de trigo integral, avena, yuca, zanahoria amarilla, zanahoria blanca y chocho. *Info Analítica*, 3(1), 9-24. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8382661>
- Coronado, R. (2019). Elaboración de una Bebida con extracto de zanahoria (*Daucus Carota*) combinado con zumo de mandarina (*Citrus Reticulata*) y naranja agria (*Citrus Aurantium*) y evaluación de su capacidad antioxidante. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/20.500.14067/3056>
- 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>

- De Rosamel, C. (2019). *Las zanahorias*. Parkstone International. <https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=eGiKDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT9&dq=ZANAHORIA:+Originaria+de+Asia,+su+cultivo+se+extendi%C3%B3+a+Europa,+dond e+era+conocida+por+griegos+y+romanos,+desarroll%C3%A1ndose+las+variedades+de+c olor+naranja+en+el+siglo+XVII.+Actualmente,+su+producci%C3%B3n+se+ha+globalizad o,+siendo+China+el+principal+productor+mundial,+seguido+por+Estados+Unidos+y+Ru sia.&ots=jo4GoAz0Mw&sig=aUkhUFLQm5jH13yzmeY68JZFRM8>
- Forero, F., Cely, G., y Neira, D. (2015). Requerimientos hídricos de la zanahoria (*Daucus carota* L.) durante tres etapas de su desarrollo. *Ciencia y Agricultura*, 12(2), 43-50. <https://www.redalyc.org/pdf/5600/560058661005.pdf>
- Fuentes, A., Rubio, O., Martínez, L., Ponce, J., y Aguilera, J. (2021). Algunas consideraciones sobre el manejo poscosecha de la zanahoria. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1), 1-13. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9146208>
- Gaviola, J. (2013). Manual de producción de zanahoria. Mendoza, Argentina: INTA, 97-98. <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37595464/INTA>.
- González, L. (2018). *Candidatus Liberibacter solanacearum* y fitoplasmas, agentes etiológicos de la enfermedad amarillosos y enrojecimientos de la zanahoria. <https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/10542>
- 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>
- Haifa Group. (2014). Haifa Pioneering the future. Recuperado de http://www.haifa-group.com/spanish/knowledge_center/recommendations/vegetables/a_complete_nutrition_and_fertilization_program_for_potatoes.aspx
- INE. (2024). Instituto Nacional de Estadística: producción año agrícola por departamento. <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>
- INE. (2024). Instituto Nacional de Estadística. Encuesta agropecuaria nacional. <https://www.ine.gob.bo>
- Loaiza, V. (2024). Metodología geoespacial para procesar la composición química de un suelo destinado a la producción de zanahoria (*Daucus carota*), mediante diferentes herramientas software. <https://repository.udca.edu.co/bitstreams/9440fb67-fc80-46e1-beb4-0414670376bc/download>
- Meza, N., y Daboín, B. (2023). Comportamiento agronómico del híbrido de zanahoria Candela bajo dos densidades de siembra en condiciones de Cubiro, Estado Lara-Venezuela. *Agroindustria, Sociedad y Ambiente*, 1(20), 81-90. <https://revistas.uclave.org/index.php/asa/article/view/4525>
- Morales, E., y Rodríguez, N. (2021). Producción de zanahoria (*Daucus carota* L.) con dos sistemas de fertilización en campo. <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:https://repositorio.uaaan.mx:123456789-48204/Description>
- Munizaga, F. (2022). Efectos de distintas condiciones de luz sobre el desarrollo de zanahoria (*Daucus carota*). <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/193020>

- Observatorio Agroambiental y Productivo (OAP). (2022). Evaluación Campaña Verano 2021-2022 y Pronóstico 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/>
- Organización Mundial de la Salud (OMS). (2024). Inocuidad de los alimentos. <https://www.who.int/es>
- Orrego, D., y Martín, D. (2021). Técnicas emergentes de extracción de β -caroteno para la valorización de subproductos agroindustriales de la zanahoria (*Daucus carota* L.): una revisión. *Informador técnico*, 85(1), 83-106. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7868821>
- Ostaiza, Y. (2021). *Cadena de valor y la comercialización de hortalizas en el mercado los esteros de la ciudad de manta*. (Bachelor's thesis, Jipijapa. UNESUM). <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/2790>
- Paniagua, H. (2015). Modelo de programación lineal para minimizar el costo de fertilización granulada de macro nutrientes en el cultivo de la zanahoria en Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/30f4a9b7-6c45-4fc0-b6c7-9d913851b441>
- Pereira, J. (2021). Efecto de trasplante de plántulas en parámetros morfoagronómicos del cultivo de zanahoria (*Daucus carota*). 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%0C3%A1metros+morfoagron%0C3%B3micos
- Quesada, E., Vargas, A., Martínez, C., y 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., y 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>
- Renna, A. (2022). Caracterización y evaluación de la calidad físico-química de nuevas variedades de zanahoria (*Daucus carota* L.) obtenidas por mejoramiento clásico, para consumo en fresco y/o industria (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Cuyo). https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/17937/tesis-alexandra-renna.pdf
- Rojano, M. (2020). Evaluación de la recuperación del suelo utilizando tres abonos orgánicos a diferentes dosis en el cultivo de la zanahoria (*Daucus carota*) sector Salache, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi 2019–2020. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/ced8542e-f9ad-455b-978c-a63ef6300157>
- Sánchez, A. (2021). Recuperación de ecotipos de zanahoria morada (*Daucus carota* L.) en base a su calidad nutricional y adaptación a cultivo ecológico en el territorio de Villena. <https://riunet.upv.es/bitstreams/b7d5939e-fbc2-4449-8ae0-08a0a190d05a/download>
- SENASAG. (2020). Registro de productos de insumos agrícolas. Base de datos el Gran Paitití, Servicio Nacional de Sanidad Agropecuario e Inocuidad Alimentaria SENASAG. <https://paititi.senasag.gob.bo/egp/productosAgroquimicos.html>
- Serna, M., Franco, F., Giraldo, J., Muriel, S., Mercado, M., y Cardona, E. (2024). *Guía de laboratorios de Botánica y Fisiología*. Tecnológico de Antioquia. <https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/6993>

- 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>
- Tenorio, O., y Toapanta, C. (2023). Respuesta del cultivo de zanahoria blanca (*Arracacia Xanthorrhiza*) a la aplicación de tres láminas de riego en las terrazas de banco del campus Salache-Cotopaxi, 2023. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/eab0e879-8672-48c7-a97a-a354f648ca11>
- Tinoco, V. (2020). Efecto de la densidad poblacional en parámetros morfológicos y agronómicos de la zanahoria (*Daucus carota*) en la granja Santa Inés. <https://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/16150>
- Torres, R. (2015). Uso de zeolita y humus en el cultivo de zanahoria amarilla (*Daucus carota* L.). <https://repositorio.uta.edu.ec/items/28069570-be1c-46de-9adf-bd3d85510343>
- Torres, G., y Suasnar, C. (2022). Fitosanidad del cultivo de zanahoria. <https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8083>
- Valerio, E., y Medina, S. (2024). Efecto de dos bioestimulantes líquidos a base de residuos de pescado y algas marinas en rendimiento de zanahoria (*Daucus carota*), Santa. <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4665>
- 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., Argentel, L., Leyva, J., y 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>
- Villacorta, M. y Challco, G. (2025). Producción de microgreens como un super alimento. *Apthapi*, 11(1), 2789-2797. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/291>
- Yauli, C. (2015). Caracterización morfológica del hongo fitopatógeno en el cultivo de zanahoria (*Daucus carota* l.) en el sector San Buenaventura-Cotopaxi, 2014. <https://repositorio.utc.edu.ec/items/b8d1dfba-17d6-441e-9fa4-f2a97a7c7d7d>



CAPÍTULO 2



CEBOLLA *(Allium cepa L.)*



INDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	57
1.1. Botánica de la cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	57
1.1.1. Clasificación taxonómica.....	57
1.1.2. Morfología de la cebolla.....	58
1.1.2.1. Raíz.....	58
1.1.2.2. Tallo.....	58
1.1.2.3. Hojas.....	58
1.1.2.4. Estructuras reproductivas.....	59
1.1.2.5. Bulbo.....	59
2. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO.....	60
2.1. Temperatura.....	60
2.2. Fotoperiodo.....	60
2.3. Suelo.....	60
2.4. Agua.....	60
2.5. Variedades comerciales de cebolla desarrolladas por el INIAF, adaptadas a condiciones agroclimáticas específicas de Bolivia.....	61
2.5.1. Variedades de días cortos.....	61
2.5.2. Variedades de días intermedios.....	62
3. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO.....	64
3.1. Almacigo de cebolla.....	64
3.1.1. Almacigueras o camas.....	64
3.1.2. Requerimiento del suelo para almaciguera.....	64
3.1.3. Sistemas de almacigo de cebolla.....	65
3.1.3.1. Camas bajas.....	65
3.1.3.2. Camas elevadas.....	65
3.1.4. Construcción de las almacigueras o camas.....	66
3.1.5. Incorporación de sedimento aluvial (lama) a las camas.....	67
3.1.6. Nivelado y surcado de camas para siembra de cebolla.....	67
3.1.7. Siembra de las camas surcadas.....	67
3.1.8. Protección y riego del almacigo de cebolla.....	68
3.1.9. Fertilización del almacigo de cebolla.....	68
3.1.10. Control de malezas.....	69
3.1.11. Cosecha del almacigo de cebolla.....	69
3.2. Preparación de la parcela de producción.....	70
3.3. Trasplante de almacigo de cebolla.....	70

3.3.1. Preparación de plántulas de cebolla para trasplante	70
3.3.2. Densidad de trasplante.....	71
3.3.3. Riego después del trasplante	72
4. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO	72
4.1. Fertilización de la parcela.....	72
4.1.1. Fertilización química	73
4.2. Riego de la parcela de producción.....	73
4.2.1. Sistemas de riego utilizados en Bolivia	74
4.2.1.1. Riego por gravedad	74
4.2.1.2. Riego tecnificado por goteo.....	74
4.3. Aporque.....	75
4.4. Control de malezas	75
4.4.1. Control manual de malezas	75
4.4.2. Control químico de malezas.....	76
4.5. Manejo fitosanitario de plagas y enfermedades del cultivo.....	77
4.5.1. Plagas insectiles	77
4.5.2. Enfermedades	78
4.6. Cosecha	82
4.6.1. Cosecha manual.....	82
4.6.2. Cosecha mecanizada.....	83
4.7. Postcosecha.....	83
4.7.1. Curado.....	83
4.7.2. Deshoje y desraizado manual de bulbos curados	84
4.7.3. Selección, clasificación y embolsado.....	84
4.8. Almacenamiento	84
4.9. Transporte de la producción de cebolla	85
5. MERCADEO AGRÍCOLA DE CEBOLLA	86
GLOSARIO	87
BIBLIOGRAFÍA.....	89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de la cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	57
Cuadro 2. Rangos térmicos por fase fenológica en el cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).	60
Cuadro 3. Programa de fertilización para el cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	73
Cuadro 4. Caracterización de los herbicidas utilizados en el cultivo de cebolla.	77
Cuadro 5. Otras plagas insectiles de importancia en cebolla (<i>Allium cepa</i> L), con sugerencia para su control.....	78
Cuadro 6. Fungicidas recomendados para el manejo del mildiu (<i>Peronospora destructor</i>) y mancha púrpura (<i>Alternaria porri</i>).	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sistema radicular de la cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	58
Figura 2. Hojas de la cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).	59
Figura 3. Inflorescencia (umbelas) y semillas de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	59
Figura 4. Tipos de bulbos de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) de acuerdo a su morfología.	60
Figura 5. Bulbos de cebolla variedad Mizqueña.	61
Figura 6. Bulbos de cebolla variedad Valencianita.	61
Figura 7. Bulbos de cebolla variedad INIAF Poquera.	62
Figura 8. Bulbos de cebolla variedad Perilla.....	62
Figura 9. Bulbos de cebolla variedad Navideña.....	63
Figura 10. Bulbos de cebolla variedad Globosa	63
Figura 11. Bulbos de cebolla variedad Victoria.	63
Figura 12. Emergencia inicial de plántulas de cebolla en camas bajas para almácigo.	65
Figura 13. Emergencia inicial de plántulas de cebolla en camas elevadas para almácigo con riego por goteo.	65
Figura 14. Construcción de camas bajas para almacigado de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).	66
Figura 15. Siembra de semilla de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) en cama elevada.	67
Figura 16. Riego por gravedad en almacigueras cubiertas con malla de sombreo.	68
Figura 17. Cosecha de almácigo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) en el municipio de Sipe Sipe, Cochabamba, Bolivia.....	69
Figura 18. Trasplante de plántulas de cebolla (<i>Allium cepa</i> L. cv. INIAF Poquera) en camas elevadas con cobertura plástica blanca (1,0 m de ancho × 0,3 m de altura), Sipe Sipe, Cochabamba.	71
Figura 19. Fertilización de fondo en parcela de producción de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), Playa Ancha-Capinota.....	72
Figura 20. Riego por gravedad en el cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), Playa Ancha-Capinota.	74
Figura 21. Riego por goteo en el cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) en camas elevadas, Playa Ancha-Cochabamba.	75
Figura 22. Aporque y control de malezas del cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.) en sistema de cultivo convencional, Playa Ancha, Cochabamba.....	75
Figura 23. Presencia de trips (<i>Thrips tabaci</i> Lindeman) en hojas del cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	78
Figura 24. Aplicación manual de fungicida selectivo en el cultivo de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).	79
Figura 25. Presencia de Mildiu (<i>Peronospora destructor</i>) en el cultivo de la cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).	79
Figura 26. Presencia de Mancha púrpura (<i>Alternaria porri</i>).....	80
Figura 27. Presencia de raíz rosada (<i>Phoma terrestris</i>) en raíces de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.).....	81

Figura 28. Cosecha manual de cebolla (<i>Allium cepa</i> L.), Sipe Sipe-Cochabamba.	82
Figura 29. Curado convencional de bulbos de cebolla (<i>Allium cepa</i> L) variedad INIAF Poquera, Sipe Sipe-Cochabamba.	83

Capítulo 2

CEBOLLA

1. GENERALIDADES

La cebolla (*Allium cepa* L.), cultivada desde hace más de 4.000 años, es una hortaliza de importancia global por su uso culinario, nutricional y medicinal (Gutiérrez, 2021; Muggi y Enrique, 2023). Rica en compuestos azufrados, antioxidantes y vitaminas, destaca por sus propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas. Actualmente, es la cuarta hortaliza más producida (111 millones de toneladas anuales), con alta demanda en mercados como EE.UU., Europa y Sudamérica (Coca, 2018).

En Bolivia, el cultivo de cebolla ha experimentado un crecimiento significativo: la producción pasó de 55.357 toneladas en 2006 a 156.280 toneladas en 2023-2024, con un rendimiento promedio de 15.548 kg ha⁻¹ (INE, 2024). El consumo per cápita alcanza los 8-10 kg anuales, lo que demuestra su importancia en la alimentación boliviana (Vargas, 2016). La producción se divide principalmente en cebolla para verdeo y cebolla de bulbo o seca, ambas con relevancia comercial (Lopez, 2024).

Las principales zonas productoras comprenden los valles y valles mesotérmicos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija, Potosí y Santa Cruz, así como regiones del altiplano en La Paz y Oruro (Mendoza y Ticona, 2021). En estas áreas se cultivan tanto variedades criollas como, en los últimos años, variedades híbridas de mayor rendimiento. Este crecimiento sostenido ha posicionado a la cebolla como un cultivo estratégico para la economía agrícola nacional, con proyección de expansión a mercados internacionales (Quispe *et al.*, 2024).

1.1. Botánica de la cebolla (*Allium cepa* L.)

La cebolla es una planta monocotiledónea y bienal, que completa su ciclo biológico en 24 meses (García, 2017).

Primer año (crecimiento vegetativo): Desarrolla un bulbo tunicado (compuesto por catáfilas o escamas carnosas) que se origina a partir de un tallo basal discoidal (cormo). Estas estructuras funcionan como órganos de reserva (López, 2020; Macías, 2017).

Segundo año (reproducción): Emite un escapo floral que culmina en una inflorescencia umbelada con flores pequeñas y hermafroditas, produciendo semillas negras y angulosas (García, 2017; Vilte, 2017).

1.1.1. Clasificación taxonómica

La cebolla (*Allium cepa* L.) pertenece al género *Allium*, que comprende aproximadamente 500 especies. Este género incluye otras especies cultivadas como el ajo (*Allium sativum*), el cebollín (*Allium fistulosum*) y el puerro (*Allium porrum*) (Quintero, 2016).

Cuadro 1. Taxonomía de la cebolla (*Allium cepa* L.).

Clasificación taxonómica	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Asparagales
Familia:	Amaryllidaceae
Subfamilia:	Allioideae
Tribu:	Allium
Género:	<i>Allium</i>

Clasificación taxonómica	
Especie:	<i>Allium cepa</i>

Nota. Adaptado de Cancino (2021).

1.1.2. Morfología de la cebolla

El conocimiento de la morfología de la cebolla desde sus raíces superficiales hasta la formación del bulbo es esencial para optimizar su manejo (León, 2017).

1.1.2.1. Raíz

El sistema radicular de la cebolla consiste en raíces adventicias blancas y fibrosas, sin raíz principal, que emergen concentradas desde la base (cormo) formando una cabellera densa (Yupanqui, 2018). Con escasos pelos absorbentes y profundidad máxima de 30 cm, su desarrollo pasa por fases horizontal y vertical, mostrando alta dependencia de la humedad del suelo (Gamboa, 2022).



Figura 1. Sistema radicular de la cebolla (*Allium cepa* L.).

1.1.2.2. Tallo

El tallo de la cebolla es una estructura discoidal y aplanada (cormo) ubicada en la base del bulbo, encargada de sostener la inflorescencia (Macías *et al.*, 2014). El tallo es el punto de origen para las raíces, hojas y yemas vegetativas, expandiéndose de forma radial y adoptando una forma cónica invertida durante su desarrollo (Baffoni, 2021).

1.1.2.3. Hojas

Las hojas de la cebolla son fistulosas (tubulares y huecas), alternas (no opuestas), y se originan a partir de una vaina basal que envuelve el tallo discoidal (Anguieta, 2024). Cada hoja emerge a través de una apertura en la vaina foliar anterior, formando una estructura.



Figura 2. Hojas de la cebolla (*Allium cepa* L.).

1.1.2.4. Estructuras reproductivas

La inflorescencia de la cebolla es de tipo umbela esférica de entre 50 a 200 flores, sobre un escapo floral protegido por una espata membranacea (Meza y Agüero, 2019).

Las flores de la cebolla son hermafroditas, con 6 tépalos blanco-verdosos y 6 estambres. Protándricas (favorecen polinización cruzada) (Salvador y Pilar, 2017).



Figura 3. Inflorescencia (umbelas) y semillas de cebolla (*Allium cepa* L.).

La semilla de la cebolla es de forma reniforme (3-4 mm × 2 mm), superficie lisa en desarrollo y rugosa al madurar por deshidratación (Guangasi, 2017). Color negro brillante en madurez, con estructura compuesta principalmente por endospermo amiláceo que envuelve un embrión cilíndrico (Gaviola, 2020).

1.1.2.5. Bulbo

El bulbo de la cebolla presenta diversas formas (achatada, cónica, deprimida o globosa) y colores (amarillo, castaño, blanco, cobrizo, púrpura, rojo o violáceo), dependiendo de la variedad y el desarrollo de sus hojas basales (catáfilas) (Casierra y Vargas, 2015). Estas catáfilas constituyen el principal órgano de reserva de nutrientes de la planta (Enciso *et al.*, 2019).



Figura 4. Tipos de bulbos de cebolla (*Allium cepa* L.) de acuerdo a su morfología.

2. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO

2.1. Temperatura

El cultivo de cebolla presenta distintos rangos térmicos óptimos según su fase de desarrollo, con una temperatura mínima de supervivencia de 5°C (López *et al.*, 2021). Su crecimiento vegetativo se optimiza entre 12-23°C, mientras que la bulbificación requiere al menos 27°C tras 60 días post-trasplante (Morales, 2023).

Cuadro 2. Rangos térmicos por fase fenológica en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.).

Fase	Óptimo (°C)	Mínimo (°C)	Máximo (°C)	Periodo clave
Germinación	18-24	7	35	Siembra
Desarrollo de hojas	20-23	10	28	0-60 días post-trasplante
Bulbificación	>27	20	35	>60 días post-trasplante

Nota. La bulbificación depende adicionalmente del fotoperiodo según la variedad.

2.2. Fotoperiodo

El fotoperiodo es el mecanismo fisiológico que permite a las plantas percibir y responder a la duración del ciclo luz-oscuridad, regulando procesos clave como la floración, la formación de bulbos, la dormancia y el crecimiento vegetativo (de los Reyes, 2022; Hernández y Aguirre, 2024).

La bulbificación en cebolla es inducida por días largos (>12 h luz), mientras que los días cortos (<10 h) favorecen el desarrollo vegetativo. Existen variedades adaptadas a días cortos (10-12 h), intermedios (12-14 h) y largos (14-16 h), aunque en Bolivia solo se cultivan los dos primeros tipos por su adaptación a la latitud local. Esta respuesta fotoperiódica varía según el origen genético de cada variedad (Fuligna, 2022; Mendoza y Ticona, 2021).

2.3. Suelo

La cebolla requiere suelos francos, con profundidad efectiva de 30-45 cm, buen drenaje y contenido de materia orgánica (5-7%). El pH óptimo oscila entre 6,0-7,9, ya que valores extremos reducen la disponibilidad de nutrientes (Zamora, 2023). El sistema radicular absorbe agua y nutrientes principalmente en los primeros 50 cm del perfil (Cardoso, 2016).

2.4. Agua

El cultivo de cebolla requiere una lámina de riego total de 900-1.500 mm por ciclo, distribuida en fases clave: 300 mm (establecimiento), 500 mm (crecimiento vegetativo), 600 mm (bulbificación, etapa crítica) y 200 mm (maduración) (Galindo, 2020). El riego debe mantener un 70-90% de la capacidad de campo en los primeros 50 cm del suelo, siendo

óptimo el sistema por goteo para evitar estrés hídrico durante la bulbificación y excesos en la maduración (Benavides *et al.*, 2017).

2.5. Variedades comerciales de cebolla desarrolladas por el INIAF, adaptadas a condiciones agroclimáticas específicas de Bolivia

2.5.1. Variedades de días cortos

Mizqueña



Figura 5. Bulbos de cebolla variedad Mizqueña.

La variedad Mizqueña presenta follaje semi-largo erecto, con catáfila externa rosácea y bulbo redondo, completando su ciclo en 120 días después del trasplante y alcanzando un rendimiento promedio de 35-45 t ha⁻¹. Esta cebolla es apta para cultivo en valles templados y mesotérmicos de Cochabamba, Sucre, Tarija, Potosí y Santa Cruz, pero no se recomienda para zonas altiplánicas debido a sus requerimientos agroclimáticos específicos.

Valencianita



Figura 6. Bulbos de cebolla variedad Valencianita.

La variedad Valencianita presenta follaje semi-largo erecto, con catáfila externa amarilla y bulbo cónico, completando su ciclo en 90-100 días después del trasplante y alcanzando un rendimiento promedio de 30-35 t ha⁻¹. Esta variedad es recomendada para cultivo en valles templados y mesotérmicos de los departamentos de Cochabamba, Chuquisaca, Tarija, Potosí y Santa Cruz.

INIAF Poquera



Figura 7. Bulbos de cebolla variedad INIAF Poquera.

La variedad INIAF Poquera presenta follaje semi-largo y erecto, con catáfila externa rojo claro y bulbo redondo, completando su ciclo en 120 días después del trasplante y con un rendimiento promedio de 30-35 t ha⁻¹. Esta variedad es apta para cultivo en valles templados y mesotérmicos de Cochabamba, Sucre, Tarija, Potosí y Santa Cruz, pero no se recomienda para zonas altiplánicas debido a sus requerimientos climáticos específicos.

2.5.2. Variedades de días intermedios

Perilla



Figura 8. Bulbos de cebolla variedad Perilla.

La variedad Perilla presenta follaje largo erecto, con catáfila externa rojo claro y bulbo de forma ovada ancha, completando su ciclo en 130 días después del trasplante y alcanzando un rendimiento promedio de 35-45 t ha⁻¹. Esta variedad es recomendada para el valle de Cochabamba (Sipe Sipe, Arani, Cliza, Capinota y Punata) y zonas altiplánicas de los departamentos de Oruro (Conchiri y Characollo) y La Paz (Huarina, Laja, Patacamaya y Achacachi).

Navideña



Figura 9. Bulbos de cebolla variedad Navideña.

La variedad Navideña presenta follaje semi-largo erecto, con catáfila externa amarilla y bulbo redondo, completando su ciclo en 120 días después del trasplante y alcanzando un rendimiento promedio de 35-45 t ha⁻¹. Esta variedad es recomendada para el valle de Cochabamba (Punata, Mizque, Sipe Sipe y Capinota), así como para Chuquisaca y valles mesotérmicos de Santa Cruz.

Globosa



Figura 10. Bulbos de cebolla variedad Globosa.

La variedad Globosa presenta follaje semi-largo erecto con catáfila externa rojo intenso y bulbo redondo, alcanzando un rendimiento de 40-50 t ha⁻¹ y completando su ciclo en 130-150 días después del trasplante. Esta variedad es recomendada para los valles de Cochabamba (Sipe Sipe, Mizque, Punata, Parotani), Chuquisaca (Culpina, Las Carreras), Tarija (San Juan del Loro) y Santa Cruz (Saipina, Comarapa, San Isidro).

Victoria



Figura 11. Bulbos de cebolla variedad Victoria.

La variedad Victoria presenta follaje erecto de color verde claro, con catáfila externa marrón de textura gruesa y bulbo redondo, alcanzando un rendimiento de 40-45 t ha⁻¹, completando su ciclo en 120-140 días después del trasplante y adaptándose a condiciones de precipitación entre 0 y 143,3 mm, con temperaturas de 4,3 a 32,53 °C. Esta variedad es recomendada para los valles del departamento de Cochabamba (Punata, Mizque, Sipe Sipe y Capinota).

3. ESTABLECIMIENTO DEL CULTIVO

Para garantizar un cultivo exitoso, el establecimiento de la cebolla combina etapas de almácigo y trasplante, adaptándose a las condiciones climáticas y requerimientos de cada variedad (Gallegos, 2015). Sin embargo, la siembra directa de este cultivo surge como una alternativa tecnológica.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

El Proyecto Hortalizas (2021-2025) ha desarrollado innovaciones tecnológicas clave para optimizar la producción local de cebolla, demostrando su impacto significativo en la rentabilidad y sostenibilidad de este cultivo.

En una investigación desarrollada en Sipe Sipe (Cochabamba) demostró que el *priming* en semillas de cebolla con ácido giberélico y posterior peletizado con una mezcla de caolín, dolomita, tierra diatomea y melaza, registro una germinación del 96,3 %, vigor y uniformidad de emergencia, siendo la alternativa tecnológica más viable para su uso en la siembra directa o almácigo de cebolla.

3.1. Almácigo de cebolla

El almácigo de cebolla es la primera etapa del cultivo donde se siembran las semillas almacigueras para obtener plántulas saludables que luego serán trasplantadas al campo (Blanco, 2017).

3.1.1. Almacigueras o camas

Las almacigueras son camas de cultivo planas, con suelos fértiles y baja presencia de malezas, destinadas específicamente a la siembra de semillas de cebolla para la producción de plantines. Pueden construirse en camas bajas o elevadas, y requieren disponibilidad de agua de calidad en proximidad, junto con adecuado acceso para el manejo agronómico (Ccaseccsa, 2019; Saavedra y Kehr, 2019).

3.1.2. Requerimiento del suelo para almaciguera

Un suelo óptimo para almacigueras debe presentar las siguientes características:

- **Textura:** Franco-arenosa (balance ideal entre retención de humedad y drenaje).
- **Estructura:** No compactado (densidad aparente $\leq 1,4 \text{ g cm}^{-3}$).
- **Materia orgánica:** $\geq 5\%$ (para retención hídrica y nutrición).
- **Fertilidad inicial:** Niveles adecuados de N, P, K y micronutrientes.
- **Salinidad:**
 - Conductividad eléctrica (CE) $< 2,0 \text{ dS m}^{-1}$.
 - Bajo contenido de sales solubles.
- **Topografía:**
 - Pendiente entre 1-2% (para evitar encharcamientos).
 - Libre de piedras y maleza (Nunjar, 2023).

3.1.3. Sistemas de almácigo de cebolla

Para la producción de almácigo de cebolla se pueden usar los sistemas:

3.1.3.1. Camas bajas



Figura 12. Emergencia inicial de plántulas de cebolla en camas bajas para almácigo.

Este sistema consiste en realizar el almácigo a nivel del suelo, utilizando camas de 1 metro de ancho y longitudes máximas de 30 metros, con bordes reforzados mediante acordonado de tierra en los laterales. El riego en este tipo de almácigo se aplica tradicionalmente por gravedad, aunque también admite sistemas tecnificados como el riego por goteo (Guasch y Bozanigo, 2019).

3.1.3.2. Camas elevadas



Figura 13. Emergencia inicial de plántulas de cebolla en camas elevadas para almácigo con riego por goteo.

Este sistema consiste en la construcción de camas de 20-30 cm de altura por 1 m de ancho, con una longitud máxima de 30 m. El riego debe aplicarse exclusivamente mediante sistema de goteo para garantizar una distribución eficiente del agua (Vázquez *et al.*, 2021).

3.1.4. Construcción de las almacigueras o camas



Figura 14. Construcción de camas bajas para almacigado de cebolla (*Allium cepa* L.).

La preparación del suelo para la almaciguera debe iniciarse con 30-45 días de anticipación (Blanco, 2017). Se recomienda aplicar los siguientes métodos:

- Inundación controlada: Para estimular la germinación de malezas y reducir plagas del suelo.
- Solarización: Cubrir el área con plástico transparente durante 30 días para controlar patógenos y semillas de malezas mediante el calor acumulado.
- Posteriormente, se procede con la fertilización de fondo utilizando:
- Estiércol descompuesto: 1 carretilla m^{-2} .
- Fosfato diamónico: 0,6 kg por cama de 30 m^2 .

Las camas deben construirse con una pendiente del 1-2% para asegurar un adecuado drenaje y distribución del agua de riego (Cisterna *et al.*, 2017).

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

El Proyecto Hortalizas (2021-2025) ha desarrollado innovaciones tecnológicas clave para optimizar la producción local de cebolla, demostrando su impacto significativo en la rentabilidad y sostenibilidad de este cultivo.

Una investigación en Sipe Sipe (Cochabamba) demostró que una dosis de 8 g de semilla por m^2 en almacigo fue la más adecuada para producir plantines de cebolla de calidad. Asimismo, la desinfección de camas con: (1) solarización durante 30 días; (2) solarización combinada con fosfato diamónico (10 g m^{-2}); o (3) solarización seguida de inoculación con *Trichoderma spp* (5 g m^{-2}), mostró los mejores resultados. Esta técnica controló efectivamente enfermedades como el *damping off* y mejoró significativamente la calidad de los plantines.

En Cala Cala (Oruro), el uso de cobertura plástica blanca translúcida en microtúneles resultó ser la tecnología más efectiva para producción de almacigo en el altiplano. Favoreció significativamente el desarrollo de las plántulas: incrementó la altura (34,19 cm), longitud de raíz (12,18 cm) y diámetro de pseudotallo (4,21 cm). La variedad Valencianita mostró superioridad en diámetro de pseudotallo frente a INIAF Poquera. Esta estrategia optimiza la calidad morfológica de las plántulas y mejora la eficiencia productiva en regiones altoandinas.

3.1.5. Incorporación de sedimento aluvial (lama) a las camas

La incorporación de una capa de 5 cm de sedimento aluvial seco ('lama') en las almacigueras mejora la porosidad del suelo y favorece el desarrollo radicular de los plantines de cebolla (Becerra *et al.*, 2014).

3.1.6. Nivelado y surcado de camas para siembra de cebolla

Las almacigueras deben nivelarse cuidadosamente antes de realizar los surcos con un surcador metálico (de Barrera *et al.*, 2025).

Este proceso cumple tres objetivos principales:

- Direccionar eficientemente el agua de riego.
- Garantizar una distribución uniforme de las semillas.
- Facilitar las labores de deshierbe posteriores.

3.1.7. Siembra de las camas surcadas



Figura 15. Siembra de semilla de cebolla (*Allium cepa* L.) en cama elevada.

Época de siembra:

- Variedades de día corto: Febrero-marzo.
- Variedades de día intermedio: Julio-agosto.

Técnica de siembra:

- Distribución uniforme al voleo o en chorro continuo.
- Cobertura inmediata con 0,5 cm de sedimento aluvial seco ('lama').
- Herramientas recomendadas: escobillones o ramas secas (Gallegos, 2015).

Densidad de siembra:

- Superficie requerida: 150-180 m² de almaciguera.
- Cantidad de semilla: 2,5-3,0 kg.
- Cobertura estimada: 1 ha de cultivo.

3.1.8. Protección y riego del almácigo de cebolla

Cobertura de las camas sembradas:

Antes del primer riego, se debe cubrir con malla de sombreo (30-50% de filtro solar), con el objetivo de:

- Proteger las semillas sembradas de la radiación solar directa.
- Reducir pérdidas por evaporación.
- Mantener humedad uniforme.

Sistema de riego:

Opciones disponibles:

- Camas bajas: por gravedad (inundación controlada) o riego por goteo.
- Camas elevadas: por goteo (óptimo para uniformidad).



Figura 16. Riego por gravedad en almacigueras cubiertas con malla de sombreo.

Requerimientos hídricos:

- Mantener 70-80% de capacidad de campo.
- Frecuencia según evapotranspiración (Un riego/día en etapas iniciales).

Precauciones:

- Evitar encharcamientos (>1 hora de saturación).
- Monitorear humedad del sustrato (método táctil o tensiómetros).
- Asegurar drenaje adecuado camas bajas (pendiente 1-2%).
- Quitar la malla de sombreo con mucho cuidado, cuando el 80% de las semillas sembradas hayan emergido.

3.1.9. Fertilización del almácigo de cebolla

La fertilización del almácigo de cebolla, es una práctica importante para un desarrollo adecuado de las plántulas. Se recomienda fertilizar en dos oportunidades:

1. Antes de la siembra: Aplicación de materia orgánica descompuesta a razón de 1 carretilla m^{-2} de almaciguera y fosfato diamónico (18-46-0) en una cantidad de 20 g m^{-2} .
2. Cuando las plántulas presenten entre 2 y 3 hojas verdaderas bien desarrolladas: Se recomienda aplicar nitrato de potasio (13-0-45) en una dosis de 100 g 10 m^{-2} de almaciguera o urea en una cantidad de 300 g 30 m^{-2} .

3.1.10. Control de malezas

El control de malezas en el almácigo de cebolla debe realizarse de forma manual y periódica, para minimizar la competencia por recursos (agua, luz y nutrientes) y reducir la incidencia de patógenos y enfermedades (Mora, 2021).

3.1.11. Cosecha del almácigo de cebolla

La cosecha del almácigo de cebolla se realiza entre los 45 y 60 días después de la siembra (DDS), o cuando los plantines presenten las siguientes características morfológicas:

- Altura de plántula: 12-15 cm.
- Diámetro del pseudotallo: 4-6 mm.
- Base del bulbo recta, sin inicio de bulbificación.
- Sistema radicular desarrollado (>2 cm de longitud).
- Presencia de 3-4 hojas verdaderas.
- Coloración foliar verde, acorde al estándar varietal.



Figura 17. Cosecha de almácigo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el municipio de Sipe Sipe, Cochabamba, Bolivia.

El almácigo cosechado debe cumplir con los siguientes requisitos postcosecha:

Limpieza radical: Las raíces deben estar libres de suelo adherido.

Embalaje:

- Utilizar bolsas de polietileno de 50 kg de capacidad.
- Realizar cierre mediante costura con hilo de tutorado.

Almacenamiento temporal:

- Ambiente fresco (18-22°C) con protección solar.
- Máximo apilamiento: 3 bolsas (en forma cruzada para ventilación).
- Tiempo máximo de almacenamiento: 72 horas.

Recomendación óptima: Traslado inmediato al sitio de trasplante para mantener viabilidad fisiológica.

3.2. Preparación de la parcela de producción

Planificación temporal: Debe iniciarse simultáneamente con la siembra en almácigos (aproximadamente 60 días antes del trasplante).

Labranza primaria: La profundidad de arado, debe ser en:

- Suelos compactos: 40-50 cm.
- Suelos francos o sueltos: 30 cm.

Criterio técnico: La profundidad debe superar en 10 cm el horizonte de raíces esperado.

Aplicación de fertilización de fondo: Fundamental para garantizar la disponibilidad inicial de nutrientes y determina el potencial productivo del cultivo de cebolla, se debe:

- Aplicar guano descompuesto (bovino o gallinaza) a razón de entre 5 a 10 t ha⁻¹, más la aplicación de fertilizante químico granulado: 60 kg ha⁻¹ de N, 32 kg ha⁻¹ de P₂O₅ y 48 kg ha⁻¹ de K₂O.

Labranza secundaria: Inmediatamente después de aplicar la fertilización de fondo, se debe realizar:

- Pases con grada de discos: 1-2 según compactación residual.
- Pase final con rulo compactador o rotocultivador.

Objetivo: lograr estructura granular (2-5 mm de diámetro de agregados) óptima para trasplante.

3.3. Trasplante de almácigo de cebolla

3.3.1. Preparación de plántulas de cebolla para trasplante

Poda de raíces y hojas:

- Realizar corte de hojas (10-15 cm de longitud) y raíces (2-3 cm) cuando las plántulas estén bien desarrolladas, para mejorar el prendimiento.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

El Proyecto Hortalizas (2021-2025) ha desarrollado innovaciones tecnológicas clave para optimizar la producción local de cebolla, demostrando su impacto significativo en la rentabilidad y sostenibilidad de este cultivo.

Una investigación desarrollada en Playa Ancha (Cochabamba) con las variedades de cebolla Perilla, Globosa y Navideña, demostró que los tratamientos más efectivos para el control de enfermedades de suelo fueron:

Tratamiento fungicida (opción química):

- Sumergir raíces y bulbos en una solución de pyraclostrobin+thiophanate methyl (100 mL 100 kg⁻¹ de almácigo) durante 5 minutos.
- Secar bajo sombra a temperatura ambiente por 15 minutos antes del trasplante.

Tratamiento biológico (opción orgánica):

- Sumergir raíces y bulbos en una solución de *Trichoderma spp.* (5 g L⁻¹ de agua) durante 5 minutos antes del trasplante.

Estos tratamientos reducen el estrés postrasplante y previenen enfermedades del suelo (*Fusarium*, *Rhizoctonia*).

Otra investigación desarrollada en Patacamaya (La Paz), demostró que la inoculación con micorrizas en dosis de $1,5 \text{ kg ha}^{-1}$, aplicada al trasplante e inicio de bulbificación, demostró ser la estrategia más eficaz para el cultivo de cebolla variedad Perilla. Este tratamiento registró los mejores resultados en peso ($199,57 \text{ g}$) y longitud de bulbo ($9,35 \text{ cm}$), así como el mayor rendimiento total ($91,50 \text{ t ha}^{-1}$) y comercial en cebolla de verdeo ($90,58 \text{ t ha}^{-1}$), superando significativamente al testigo. Además, presentó la mayor tasa de retorno marginal, confirmando su superioridad tanto agronómica como económica. La tecnología de inoculación con micorrizas se perfila como una alternativa sostenible y rentable para optimizar la producción de cebolla en el Altiplano Boliviano.

La investigación desarrollada en Ayo Ayo (La Paz) demostró que la combinación de la variedad Perilla con la inoculación de *Bacillus sp.* demostró ser la estrategia más efectiva y rentable, alcanzando un rendimiento comercial de $49,14 \text{ t ha}^{-1}$ y la mayor relación beneficio/costo (3,08). Si bien no hubo interacción significativa entre factores, ambos mostraron efectos individuales: la variedad Perilla superó consistentemente a Globosa en altura, peso de bulbo y rendimiento, mientras que la aplicación de *Bacillus sp.* mejoró significativamente el peso y rendimiento total de los bulbos. Esta tecnología se posiciona como una alternativa viable para optimizar la productividad y rentabilidad del cultivo de cebolla en el Altiplano boliviano.

3.3.2. Densidad de trasplante

La densidad de trasplante está en función del sistema de cultivo a utilizar (tradicional o con cobertura plástica), la tecnología de riego y la variedad (Tarira, 2015). La distancia óptima de trasplante para cebolla se establece en 8-15 cm entre plantas y 20-25 cm entre surcos.



Figura 18. Trasplante de plántulas de cebolla (*Allium cepa* L. cv. INIAF Poquera) en camas elevadas con cobertura plástica blanca (1,0 m de ancho $\times$ 0,3 m de altura), Sipe Sipe, Cochabamba.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

El Proyecto Hortalizas (2021-2025) ha desarrollado innovaciones tecnológicas clave para optimizar la producción local de cebolla, demostrando su impacto significativo en la rentabilidad y sostenibilidad de este cultivo.

La investigación desarrollada en Mairana (Santa Cruz), demostró que los máximos rendimientos se obtienen con los siguientes arreglos espaciales en camas elevadas y cobertura plástica de color blanco (1 m de ancho $\times$ 0,4 m entre camas):

Variedades Victoria y Perilla:

- Densidad: $364.000 \text{ plantas ha}^{-1}$.
- Distancia entre plantas: 10 cm.

- Se distribuyen 4 hileras por cama con 20 cm entre hileras y 10 cm de margen lateral.

Variedad Globosa:

- Densidad: 455.000 plantas ha⁻¹.
- Distancia entre plantas: 8 cm.
- Se distribuyen 4 hileras por cama con 20 cm entre hileras y 10 cm de margen lateral.

Nota técnica: La densidad se calculó considerando el área efectiva (1 m de ancho de cama+0,4 m de separación). Sistema de siembra: trasplante en cuadrado modificado (4 hileras paralelas por cama).

3.3.3. Riego después del trasplante

La aplicación de riego después del trasplante de cebolla es fundamental para garantizar el prendimiento de las plántulas, evitando el estrés hídrico y favoreciendo el desarrollo radicular. El riego puede realizarse por gravedad o por goteo, asegurando que el suelo alcance su capacidad de campo (Rojas, 2024).

4. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

4.1. Fertilización de la parcela

Es indispensable realizar un análisis de suelo previo para determinar las enmiendas nutricionales requeridas y garantizar un adecuado desarrollo del cultivo de cebolla.

Requerimientos nutricionales promedio de macronutrientes para el cultivo de cebolla:

- Nitrógeno (N): 120-150 kg ha⁻¹.
- Fósforo (P₂O₅): 60-80 kg ha⁻¹.
- Potasio (K₂O): 100-120 kg ha⁻¹.



Figura 19. Fertilización de fondo en parcela de producción de cebolla (*Allium cepa* L.), Playa Ancha-Capinota.

Estos nutrientes deben aplicarse de manera fraccionada a lo largo del ciclo del cultivo, ajustándose según: resultados del análisis de suelo, tipo de suelo (textura, CIC, materia orgánica), sistema de riego y variedad cultivada.

Cuadro 3. Programa de fertilización para el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.).

Etapas de aplicación	Materia orgánica (t ha⁻¹)	Nitrógeno (N) (kg ha⁻¹)	Fósforo (P₂O₅) (kg ha⁻¹)	Potasio (K₂O) (kg ha⁻¹)
Fertilización de fondo	5-10	60	32	48
Previo al trasplante	Estiércol descompuesto	-	-	-
Fertilización fraccionada				
1 ^{ra} . aplicación (15-20 DDT)	-	15	8	12
2 ^{da} . aplicación (inicio de bulbificación)	-	60	32	48
3 ^{ra} . aplicación [opcional] (inicio del doblado natural del pseudotallo)	-	15	8	12

Nota. DDT: Días después del trasplante. Los valores pueden ajustarse según análisis de suelo y condiciones edafoclimáticas. Para materia orgánica se recomienda estiércol bovino o gallinaza completamente descompuesto. Las unidades se expresan en: t ha⁻¹ (toneladas por hectárea) y kg ha⁻¹ (kilogramos por hectárea).

4.1.1. Fertilización química

En un sistema de producción convencional de cebolla, la fertilización química se aplica manualmente utilizando fertilizantes granulados como urea (46-0-0), superfosfato triple (0-46-0) o fosfato diamónico (18-46-0). La incorporación de estos fertilizantes se realiza durante las labores de aporque y remoción del suelo, que generalmente se efectúan a los 30 y 45 días después del trasplante.

En los sistemas tecnificados de producción de cebolla con camas elevadas, riego por goteo y cobertura plástica, se prescinde del aporque y la fertilización se realiza mediante fertirriego, aplicando fertilizantes solubles según los requerimientos nutricionales del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

El Proyecto Hortalizas (2021-2025) ha desarrollado innovaciones tecnológicas clave para optimizar la producción local de cebolla, demostrando su impacto significativo en la rentabilidad y sostenibilidad de este cultivo.

El estudio desarrollado en Patacamaya (La Paz), demostró que la combinación de 62,5 kg ha⁻¹ de nitrógeno y una densidad de 60 plantas m⁻² es la más eficiente para el cultivo de cebolla variedad Perilla, al lograr un rendimiento competitivo (sin diferencias significativas frente a la dosis de 125 kg ha⁻¹), una relación beneficio/costo favorable (>1) y un menor impacto negativo en el suelo. Si bien la dosis de 125 kg ha⁻¹ generó el mayor número de bulbos comerciales, su aplicación incrementó el contenido residual de nitrógeno en el suelo, representando un riesgo de contaminación a largo plazo. Por lo tanto, la dosis moderada de nitrógeno (62,5 kg ha⁻¹) con alta densidad de plantación se recomienda como la estrategia óptima para equilibrar productividad, rentabilidad y sostenibilidad.

4.2. Riego de la parcela de producción

La aplicación de agua de riego en la parcela de producción debe ser realizada con una frecuencia de entre 3 a 5 días dependiendo de la zona de producción, sistema de cultivo y de las condiciones climáticas. La frecuencia de riego será mayor en plantaciones de primavera y verano, mientras que en plantaciones de otoño e invierno los riegos serán menos frecuentes. Una vez establecido el cultivo de cebolla, los riegos son periódicos, evitando los encharcamientos que favorecen el ataque de hongos y bacterias. Recomendándose el empleo

de tensiómetros para determinar la frecuencia y cantidad de agua de riego a aplicar (Blanco y Lagos, 2017).

El intervalo de riego en la parcela de producción de cebolla debe ajustarse entre 3-5 días, manteniendo el suelo cercano a capacidad de campo (CC), ajustando según:

- Condiciones edafoclimáticas (textura, evapotranspiración).
- Etapa fenológica del cultivo.
- Sistema de producción empleado.

Se incrementa la frecuencia en ciclos primavera-verano y se reduce en otoño-invierno. Los riegos deben ser uniformes durante el establecimiento del cultivo, evitando encharcamientos que predisponen a patologías radiculares. Se recomienda el uso de tensiómetros para un manejo preciso del riego (Blanco y Lagos, 2017).

4.2.1. Sistemas de riego utilizados en Bolivia

4.2.1.1. Riego por gravedad

El riego por gravedad es el sistema más utilizado en las zonas productoras de cebolla en Bolivia. Consiste en la distribución natural del agua a través del terreno, aprovechando la pendiente del suelo para su flujo hacia las plantas. Este método es económico y de fácil implementación, pero su eficiencia depende de la topografía y de un manejo adecuado para prevenir pérdidas hídricas y garantizar una distribución uniforme. Es característico de áreas agrícolas con suministro constante de agua y capacidad limitada para regular el caudal (Mendoza y Ticona, 2021).



Figura 20. Riego por gravedad en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), Playa Ancha-Capinota.

4.2.1.2. Riego tecnificado por goteo

En zonas con escasez hídrica para el cultivo de cebolla en camas elevadas con suelos pesados o de textura ligera, se recomienda implementar riego por goteo con emisores espaciados cada 10 cm y caudal de 2,5 L h⁻¹. Este sistema optimiza la eficiencia en el uso del agua, particularmente en suelos con alta permeabilidad, al reducir las pérdidas por percolación y evaporación. La combinación de acolchado plástico con riego tecnificado por goteo ha demostrado ser una alternativa exitosa, incrementando los rendimientos entre 30% y 40% en comparación con los sistemas de cultivo tradicionales (Tancara y Alvarez, 2015).



Figura 21. Riego por goteo en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en camas elevadas, Playa Ancha-Cochabamba.

4.3. Aporque

En la producción de cebolla bajo riego por gravedad, se realizan dos aporques con picota: el primero a los 30 días después del trasplante (DDT) y el segundo a los 45 DDT. Estas labores coinciden con el desmalezado y la fertilización complementaria. Finalizado cada aporque, se debe aplicar riego para favorecer la solubilización de los fertilizantes y su adecuada asimilación por el sistema radicular.



Figura 22. Aporque y control de malezas del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en sistema de cultivo convencional, Playa Ancha, Cochabamba.

En contraste, en el cultivo de cebolla con acolchado plástico en camas elevadas, no se realizan labores de aporque.

4.4. Control de malezas

4.4.1. Control manual de malezas

Sistemas en cama elevada con y sin cobertura plástica:

El control de malezas debe realizarse de forma manual y periódica para:

- Minimizar la competencia por recursos (agua, luz y nutrientes).
- Reducir la incidencia de enfermedades.
- Frecuencia recomendada: Cada 15-20 días durante los primeros 60 días del ciclo.
- Sistema convencional:

El deshierbe se realiza simultáneamente con el aporque utilizando:

- Picotas (para suelos pesados).
- Azadones (para suelos ligeros).
- Profundidad máxima de trabajo: 5 cm (para evitar daños radiculares).

4.4.2. Control químico de malezas

Este método se emplea tanto en el sistema convencional como en camas elevadas sin cobertura plástica en el cultivo de cebolla.

Control químico postemergentes

Para una aplicación eficiente de herbicidas postemergentes:

- Momento óptimo: Malezas en estado temprano (1-2 hojas verdaderas).
- Condiciones de aplicación:
 - Horario: Mañana o tarde (evitando horas de alta temperatura).
 - Evitar vientos $>10 \text{ km h}^{-1}$ para prevenir deriva.
 - Suelo húmedo (60-80% capacidad de campo) para mejorar absorción.

Control químico preemergente

- Momento de aplicación: Inmediatamente después del trasplante, sobre suelo húmedo.
- Precauciones:
 - No realizar labores culturales posteriores (para no alterar la barrera herbicida).
 - Evitar riegos pesados que puedan lavar el producto.

Dosificación y técnica de aplicación

- Ajuste de dosis:
 - Suelos arcillosos: Dosis bajas (malezas jóvenes).
 - Suelos arenosos: Dosis altas (malezas desarrolladas).
- Equipo recomendado: Boquillas de abanico plano (gotas medianas, 250-350 μm).
- Buenas prácticas:
 - Rotación de modos de acción (evitar resistencia).
 - Monitoreo continuo para detectar escapes o fitotoxicidad.

Cuadro 4. Caracterización de los herbicidas utilizados en el cultivo de cebolla.

Ingrediente activo del herbicida	Características del herbicida
Pendimethalin (Herbadox)	Herbicida preemergente que inhibe división celular en malezas (síntomas: tallos engrosados, enanismo). Baja solubilidad (0,5 ppm), 35 días persistencia. Eficaz contra gramíneas y hoja ancha (excepto <i>Senecio vulgaris</i> y acción parcial en <i>Coronopus didymus</i>). Requiere suelo húmedo para absorción por radículas. Selectivo para cebolla por posición. Modo de acción: Inhibidor mitótico. Aplicación: Preemergencia, suelo húmedo >60% CC).
Linuron (Linurex)	Herbicidas inhibidores de fotosíntesis, absorbidos por raíces/hojas, causan clorosis y necrosis. Aplicables en preemergencia o postemergencia temprana. Selectivos en cebolla por cutícula cerosa (riesgo en variedades de cutícula delgada o >23°C). Persistencia: 45-50 días. Uso óptimo como herbicida suelo-activo; evitar aspersiones foliares con calor.
Bentazone (Basagran)	Herbicida benztiazolónico de contacto (postemergencia), inhibe fotosíntesis en malezas de hoja ancha. Absorción principalmente foliar (poca movilidad sistémica); si entra por raíces, se transloca a hojas. Selectivo, actúa rápido (necrosis visibles en 24-48 h).

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2022.

4.5. Manejo fitosanitario de plagas

El manejo fitosanitario en el cultivo de cebolla es fundamental para prevenir pérdidas por plagas, integrando estrategias de control químico, biológico y cultural. Una vigilancia temprana y acciones oportunas permiten mantener la sanidad del cultivo y asegurar su productividad (Burbano, 2022).

4.5.1. Plagas insectiles

Trips (*Thrips tabaci* Lindeman)

Thrips tabaci Lindeman constituye la principal plaga del cultivo de cebolla. Este tisanóptero de 1 mm de longitud y coloración amarillo-verdosa provoca pérdidas del 20-30% del rendimiento mediante:

- Daño directo: Alimentación por raspado-succión de savia, generando estrías plateadas características que progresan desde la base foliar hacia el ápice.
- Daño indirecto: Transmisión de patógenos como el virus del estriado amarillo (OYSV) (Carpio *et al.*, 2017).



Figura 23. Presencia de trips (*Thrips tabaci* Lindeman) en hojas del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.).

Manejo integrado recomendado:

- Monitoreo:
 - Trampas cromáticas amarillas/azules (8-10 unidades ha⁻¹).
 - Umbral de acción: 30 individuos/planta o 10% de infestación.

Control preventivo:

- Acolchado plástico plateado (reflectante).
- Aplicación de *Beauveria bassiana* (1×10⁸ conidios mL⁻¹).

Control curativo:

- Caldo sulfocálcico (15 mL L⁻¹) + tierra de diatomeas (3 g L⁻¹).
- Insecticidas químicos (rotación de modos de acción), como: Imidacloprid, Acetamiprid, Spinosad.

Nota técnica: Las intervenciones químicas deben priorizarse cuando se superan los umbrales económicos, evitando aplicaciones preventivas que favorecen resistencia.

Cuadro 5. Otras plagas insectiles de importancia en cebolla (*Allium cepa* L), con sugerencia para su control.

Nombre científico	Nombre común	Aparato bucal	Ingredientes activos para su control
<i>Liriomyza spp.</i>	Minador de la hoja	Masticador	Abamectina, Spinosad, Ciantraniliprol
<i>Aceria tulipae</i>	Ácaro de la cebolla	Chupador	Azufre, Abamectina, Aceites minerales
<i>Myzus persicae</i>	Pulgón de la cebolla	Chupador	Imidacloprid, Piretroides, Aceites minerales
<i>Bemisia tabaci</i>	Mosca blanca	Chupador	Buprofezin, Imidacloprid, Acetamiprid
<i>Nezara viridula</i>	Chinche apestosa	Chupador	Piretroides, Neonicotinoides, Aceites minerales

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2022.

4.5.2. Plagas fúngicas

El cultivo de cebolla enfrenta diversas enfermedades causadas por hongos, bacterias y virus, que afectan su rendimiento y calidad. Un manejo preventivo basado en diagnóstico

temprano, prácticas culturales y control integrado es esencial para minimizar pérdidas económicas (Godoy y Sepúlveda, 2018).



Figura 24. Aplicación manual de funguicida selectivo en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.).

Mildiu o *Kamanchaka* (*Peronospora destructor*)

Peronospora destructor (conocido localmente como "*Kamanchaka*") afecta al cultivo de cebolla en todas sus etapas de desarrollo, desde el semillero hasta la producción de semilla, ocasionando pérdidas del 30% al 80% (Arias *et al.*, 2025).



Figura 25. Presencia de Mildiu (*Peronospora destructor*) en el cultivo de la cebolla (*Allium cepa* L.).

Manifestaciones sintomatológicas:

- Infecciones primarias:
 - Lesiones extensas de color verde pálido en el follaje.
 - Cubierta grisácea correspondiente a estructuras esporulantes.
- Infecciones secundarias:
 - Lesiones localizadas de morfología oval-cilíndrica (1-10 cm).
 - Coloración inicial verde pálido, evolucionando a fructificaciones grisáceas en disposición concéntrica bajo condiciones de humedad.
 - En baja humedad relativa: desecación a manchas blancas, deteniendo el progreso patogénico.

Impacto productivo:

- Bulbos: Reducción de tamaño, formación de catáfilas con tejido esponjoso y menor vida postcosecha.

- Semilla: Afectación de tallos florales con riesgo de vuelco y alteración en la maduración.

Condiciones epidemiológicas:

- Esporulación durante períodos secos.
- Ciclo infeccioso requiere:
 - Temperaturas nocturnas: 6-22°C.
 - Humedad relativa >90%.
 - Período de mojado foliar: 4-6 horas, la infección se activa durante la primera noche húmeda post-esporulación.

Mancha púrpura (*Alternaria porri*)

Alternaria porri (conocida como "mancha púrpura") afecta al cultivo de cebolla en todas sus etapas de desarrollo, ocasionando pérdidas del 20% al 50% (Camacho *et al.*, 2021).



Figura 26. Presencia de Mancha púrpura (*Alternaria porri*).

Manifestaciones sintomatológicas:

- Infecciones primarias:
 - Lesiones blanquecinas, ovaladas e irregulares en hojas, con centros blancos que evolucionan a café con tonalidad púrpura.
 - Desarrollo de bordes café-púrpura, rodeados de amarillamiento foliar.
 - Progresión a anillos concéntricos café oscuro a negro en etapas avanzadas.
- Infecciones secundarias (daño severo):
 - Afectación de tallos florales en semilleros, provocando doblez o quiebre por peso de la inflorescencia.
 - Infecciones pardas en el cuello de la planta y pudrición acuosa en bulbos.

Recomendaciones de control:

- Preventivo: Uso de fungicidas ecológicos (microorganismos, azufre y caldo sulfocálcico).
- Curativo (al detectar síntomas):
 - Control químico con alternancia de ingredientes activos.
 - Aplicación según dosis y recomendaciones del fabricante para evitar resistencia genética.

Cuadro 6. Fungicidas recomendados para el manejo del mildiu (*Peronospora destructor*) y mancha púrpura (*Alternaria porri*).

Nombre comercial	Ingrediente activo (i.a)	Dosis
Priori xtra	Azoxystrobin+Cyproconazole	0,01 L en 20 L de agua
Ridomil gold mz 68 wp	Metalaxyl+Mancozeb	0,10 kg en 20 L de agua
Bellis	Pyraclostrobin+Boscalid	0,025 kg en 20 L de agua
Bravonil 720	Chlorothalonil	0,08 L en 20 L de agua

Nota: En base a registro de insumos del Gran Paititi SENASAG, 2024.

Raíz rosada (*Phoma terrestris*)

Phoma terrestris (enfermedad conocida como "raíz rosada") afecta al cultivo de cebolla, ocasionando pérdidas del 30% al 60% (Delhey *et al.*, 2019).

Manifestaciones sintomatológicas:

- Infección inicial:
 - Coloración rosada en raíces de bulbos, que progresa a tonos púrpuras o café.
- Etapas avanzadas:
 - Desintegración completa de raíces afectadas.
 - Invasión del patógeno a raíces nuevas, comprometiendo severamente el sistema radicular.
 - Inducción de bulbificación prematura en plantas.



Figura 27. Presencia de raíz rosada (*Phoma terrestris*) en raíces de cebolla (*Allium cepa* L.).

Biología y dispersión:

- Sobrevive en el suelo y se dispersa mediante agua de riego.
- Rango óptimo de desarrollo: 24°C a 28°C (inactivo por debajo de 16°C).

Recomendaciones de control:

- Cultural:
 - Uso de variedades resistentes.
 - Rotaciones largas (3-4 años) con gramíneas (maíz/sorgo).
 - Solarización del suelo (cubierta plástica durante 6-8 semanas en verano).

Limitación: El control químico muestra eficacia reducida contra este patógeno.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

Como resultados del trabajo del Proyecto Hortalizas (2021-2025), hoy se disponen alternativas tecnológicas para enfrentar desafíos productivos.

La investigación desarrollada en Playa Ancha (Cochabamba), demostró que la cobertura plástica blanca optimiza el cultivo de cebolla, incrementando el calibre, peso y rendimiento comercial. Las variedades Globosa y Navideña alcanzaron rendimientos de 19.900-20.100 kg ha⁻¹ con rentabilidad favorable (relación beneficio-costos de 1,26 y 1,23). Adicionalmente, otra investigación en la misma locación, demostró que la combinación de cobertura blanca y trasplante a 3 cm de profundidad maximiza la producción de bulbos de alta calidad, con rendimientos de 21.564 kg ha⁻¹ (Globosa) y 20.683 kg ha⁻¹ (Navideña), y rentabilidades de 1,33 y 1,27 (relación beneficio-costos). Estas estrategias reducen la proporción de bulbos pequeños y son recomendadas para optimizar calidad y productividad.

4.6. Cosecha

La cosecha de cebolla representa una etapa crítica en el cultivo, donde el momento oportuno de recolección, determinado por indicadores fisiológicos como el doblez natural del pseudotallo, influye directamente en la calidad y vida postcosecha de los bulbos (Vieta, 2020).

- Suspensión de riego:
 - Se debe interrumpir el suministro de agua cuando entre el 20% y 25% de los pseudotallos presenten doblez natural, para favorecer la maduración uniforme de los bulbos.
 - En suelos de textura franca, franco-arenosa y arenosa, el corte del riego debe realizarse 5 a 7 días antes de la cosecha.
- Punto óptimo de cosecha:
- La recolección de bulbos debe iniciarse cuando 50% a 70% de las plantas muestren pseudotallos doblados naturalmente (entregados).

4.6.1. Cosecha manual

Para la cosecha manual de cebolla se emplean herramientas como azadón o picota, con el objetivo de aflojar el suelo mediante excavación cuidadosa para evitar daños a los bulbos. El proceso consiste en trabajar surco por surco hasta completar la recolección en toda el área de cultivo (Berrueta *et al.*, 2017).



Figura 28. Cosecha manual de cebolla (*Allium cepa* L.), Sipe Sipe-Cochabamba.

4.6.2. Cosecha mecanizada

La cosecha mecanizada de cebolla se realiza mediante el acople de una cosechadora especializada a un tractor agrícola. Este sistema emplea una cuchilla que afloja y remueve el suelo hasta una profundidad de 20 cm, extrayendo los bulbos a la superficie para facilitar su recolección. Requisito fundamental para este método es el establecimiento previo del cultivo en camas elevadas cultivo (Berrueta *et al.*, 2017).

4.7. Postcosecha

El manejo post cosecha de bulbos de cebolla involucra las etapas de: curado, corte de cuello y raíces, secado, selección, clasificación, almacenamiento y comercialización (Guangasi, 2017).

4.7.1. Curado

Este proceso, con duración de 5 a 14 días, consiste en disponer los bulbos recién cosechados en hileras. Se forman manojos de plantas que se extienden sobre el suelo, colocando las hojas de cada nuevo manojo sobre los bulbos del anterior para protegerlos de la exposición solar. La operación se repite secuencialmente hasta cubrir toda la producción cosechada (Mora, 2021).



Figura 29. Curado convencional de bulbos de cebolla (*Allium cepa* L) variedad INIAF Poquera, Sipe Sipe-Cochabamba.

Objetivos del curado:

Secado de raíces y catáfilas externas para:

- Minimizar la deshidratación externa.
- Reducir daños físicos durante manipuleo y transporte
- Cierre del cuello del bulbo para:
 - Prevenir la entrada de patógenos (hongos y bacterias).
 - Evitar pudriciones postcosecha.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

El Proyecto Hortalizas (2021-2025) ha desarrollado innovaciones tecnológicas clave para optimizar la post cosecha del cultivo de cebolla.

La investigación desarrollada en el CNPSH (Cochabamba), con la variedad de cebolla Globosa, con la aplicación de 100-125 mL ha⁻¹ de etileno (en estadio fenológico de 50% de plantas con pseudotallo doblado), combinada con manta térmica y malla semisombra para el curado de bulbos demostró:

- Reducción del tiempo de curado: 5,5-9 días vs. 12-14 días (métodos tradicionales).
- Cierre óptimo del cuello: 1,53-2,13 mm.
- Retención de humedad: 84,4-88,8%.

4.7.2. Deshoje y desraizado manual de bulbos curados

Una vez curados los bulbos de cebolla, estos deben ser deshojados a la altura del cuello y desraizados a la altura de su disco basal (Mora, 2021).

4.7.3. Selección, clasificación y embolsado

Una vez deshojados y desraizados los bulbos, deben ser seleccionados y clasificados de acuerdo a su forma y tamaño. Posteriormente ser embolsados en sacos tipo red de polietileno. Dependiendo de la zona de producción pueden ser embolsados en sacos de 50 kg o 100 kg (Quijano y Miranda, 2019).

4.8. Almacenamiento

Para el almacenamiento de cebolla embolsada se debe:

Condiciones ambientales:

- Ubicar en zonas techadas.
- Mantener ambiente seco (<65% HR).
- Garantizar buena ventilación.
- Temperatura óptima: 5-10°C.

Disposición de sacos:

- Colocar sobre tarimas plásticas o de madera.
- Elevación mínima: 20 cm sobre el piso.
- Apilamiento máximo: 3 unidades (≤ 1.50 m).
- Separación entre pilas: 50 cm.

Precauciones:

- Evitar exposición a humedad ambiental.
- Prevenir encharcamientos.
- Minimizar riesgos de pudrición.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

Como resultados del trabajo del Proyecto Hortalizas (2021-2025), hoy se disponen alternativas tecnológicas para enfrentar desafíos productivos.

El trabajo de investigación desarrollado en el CNPSH (Cochabamba), con la variedad Globosa con la aplicación de 100 mL ha⁻¹ de etileno (en estadio fenológico de 50% de plantas con pseudotallo doblado), combinada con el curado con manta térmica, demostró los siguientes parámetros en bulbos posteriores al almacenamiento:

Parámetros de calidad:

- Firmeza óptima de bulbos en almacén (89,3-90,8 kgf).
- Baja incidencia de enfermedades (<3%).
- Vida útil extendida (90 días) con mantenimiento de calidad fisiológica (11,07-12,93°Brix).

Aplicación práctica:

- Solución efectiva para almacenamiento en condiciones de primavera verano.
- Alternativa para reducir pérdidas postcosecha.
- Tecnología accesible para pequeños productores.

Otra investigación también desarrollada en el CNPSH (2024), en bulbos de cebolla variedad INIAF Poquera con la aplicación de aceite esencial de molle (1% v/v) demostró ser eficaz para la conservación de bulbos, extendiendo su vida útil hasta 3 meses (90 días) bajo condiciones ambientales no controladas (19-30°C, 31% HR):

Parámetros de calidad:

- Pérdida de peso mínima: 3,44 g (en 90 días).
- Firmeza estable y sólidos solubles: 6,22-6,61°Brix.
- Baja incidencia de pudriciones: 21% (vs 84,44% del testigo).

Aplicación práctica:

- Solución efectiva para almacenamiento en condiciones de primavera-verano.
- Alternativa natural para reducir pérdidas postcosecha.
- Tecnología accesible para pequeños productores.

Estas tecnologías de postcosecha constituyen un aporte significativo para los agricultores, ya que permiten mejorar el almacenamiento de bulbos de cebolla mediante la aplicación de técnicas sencillas, económicas y de fácil adopción. Su implementación puede reducir pérdidas, mantener la calidad comercial del producto y aumentar la rentabilidad en la cadena productiva de cebolla.

4.9. Transporte de la producción de cebolla

Las frutas y hortalizas frescas deben transportarse de manera que se reduzcan al mínimo las probabilidades de contaminación microbiana, química o física (ONU, 2025).

Para minimizar golpes y daños mecánicos durante el transporte de cebolla:

- Embalaje y protección:
 - Usar bolsas plásticas de polietileno de capacidad de 50 kg, acomodar bien los bulbos y con un cierre costurado con hilo de tutorado.
- Carga y estiba:
 - Apilar máximo 5 niveles de bolsas con separadores rígidos entre ellas.
 - Fijar la carga con cinchas para evitar movimiento durante el traslado.
 - Nunca sobrepasar 1,2 m de altura de apilamiento.
- Transporte:
 - Preferir camiones con suspensión neumática para reducir vibraciones.
 - Evitar caminos con baches o superficies irregulares.
 - Mantener velocidad moderada (max. 60 km h⁻¹ en carretera).

Descarga:

- Realizarla manualmente.
- No volcar bruscamente las bolsas.

Consecuencias de golpes:

- Moretones internos (visible a las 72 h).
- Pérdida de capas externas protectoras.

- Aumento de pudriciones hasta 60%.

Dato clave: Los daños mecánicos reducen la vida postcosecha en 50-60% respecto a bulbos no golpeados.

5. MERCADEO AGRÍCOLA DE CEBOLLA

El consumo per cápita de cebolla en Bolivia se sitúa entre 8 y 10 kg por persona al año. Durante el periodo 2023-2024, la producción nacional alcanzó las 156.280 toneladas entre las campañas de invierno y verano, mientras que la demanda se estimó entre 120.000 y 150.000 toneladas (INE, 2024; Quispe *et al.*, 2024). Esta situación generó un excedente de 6.280 toneladas del producto. De mantenerse las actuales tendencias de producción y crecimiento poblacional, se proyecta que la oferta cubrirá completamente los requerimientos nacionales en los próximos años (Colque, 2019).

La distribución de la producción muestra que el 89% se destina principalmente al abastecimiento de los mercados urbanos de Santa Cruz de la Sierra, La Paz y Cochabamba. Un 10% se orienta a satisfacer la demanda de ciudades intermedias, municipios y localidades, mientras que el 1% restante corresponde a autoconsumo. Durante 2024 se registró un fenómeno de exportación y contrabando que impactó en el mercado interno, provocando incrementos de precios y desabastecimiento temporal en los centros de comercialización (Linares, 2024).

Bolivia posee un importante potencial para la producción de cebolla de calidad (Quispe *et al.*, 2024). Los principales desafíos consisten en desarrollar variedades mejoradas que presenten alto rendimiento, resistencia a enfermedades y cumplan con estándares internacionales de calidad. El logro de estos objetivos permitiría garantizar el abastecimiento del mercado interno y, simultáneamente, posicionar al país como exportador competitivo en los mercados globales de este producto hortícola.

GLOSARIO

A

Acolchado plástico: Técnica de cubrimiento del suelo con láminas plásticas para control de malezas, temperatura y humedad.

***Alternaria porri*:** Hongo causante de la mancha púrpura en cebolla.

Almaciguera: Área preparada para la siembra inicial de semillas y producción de plántulas.

Aporque: Práctica cultural que consiste en amontonar tierra alrededor de la base de la planta.

B

Bulbificación: Proceso fisiológico de formación del bulbo, inducido por fotoperiodo ($>12\text{h}$ luz) y temperatura ($>27^{\circ}\text{C}$).

Brix ($^{\circ}\text{Brix}$): Medida de sólidos solubles que indica contenido de azúcares.

C

Catáfilas: Hojas modificadas que forman las capas del bulbo, funcionando como órganos de reserva.

Curado: Proceso postcosecha para secar capas externas del bulbo y sellar el cuello.

D

DDT (Días después del trasplante): Sistema de referencia temporal para manejo agronómico.

Densidad de plantación: Número de plantas por hectárea.

E

Etileno: Fitohormona gaseosa usada para uniformizar maduración.

F

Firmeza (kgf): Parámetro de calidad medido con penetrómetro.

Fotoperiodo: Duración del ciclo luz-oscuridad que regula procesos como la bulbificación.

G

Globosa: Variedad boliviana de cebolla con bulbo redondo y rendimiento de $40\text{-}50\text{ t ha}^{-1}$.

H

I

INIAF: Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal de Bolivia.

M

Mancha púrpura: Enfermedad causada por *Alternaria porri* que afecta hojas y bulbos.

Mizqueña: Variedad boliviana de día corto con ciclo de 120 días y rendimiento de $35\text{-}45\text{ t ha}^{-1}$.

P

***Peronospora destructor*:** Hongo causante del mildiu o "kamanchaka", con pérdidas del 30-80%.

Pseudotallo: Estructura formada por vainas foliares; su doblez natural indica madurez para cosecha.

R

Raíz rosada: Enfermedad causada por *Phoma terrestris* que afecta el sistema radicular.

S

Solarización: Técnica de desinfección de suelos con plástico transparente.

T

***Thrips tabaci* Lindeman:** Principal plaga del cultivo, transmisor de virus y causante de estrías foliares.

TRM (Tasa de Retorno Marginal): Indicador económico.

V

Valencianita: Variedad de día corto con ciclo de 90-100 días y rendimiento de 30-35 t ha⁻¹.

Vida útil postcosecha: Período de conservación con calidad comercial.

Z

Zonas productoras: Principales regiones: Cochabamba (50% producción), Tarija (20%) y Chuquisaca (15%).

BIBLIOGRAFÍA

- Anguieta, E. S. (2024). Estudio de la diversidad bacteriana asociada al cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum* L.) en la parroquia Santa Fe de Galán provincia de Chimborazo. <http://dspace.esoch.edu.ec/handle/123456789/23349>
- Arias, M., Galván, G. A., Berrueta, M. C., Ferrando, M. G., Scarlato, M., González, P., y Betancor, T. (2025). Informe final del proyecto: Efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre la susceptibilidad al mildiú de la cebolla. <https://redi.anii.org.uy/jspui/handle/20.500.12381/3944>
- Baffoni, P. A. (2021). Efectos de compost y lombricompost sobre el desarrollo y la sanidad del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.), con especial énfasis en enfermedades causadas por *Rhizoctonia solani* y *Setophoma* terrestres. <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/5676>
- Becerra, A., Quintana, F., Salvatierra, L., Alvarez S. (2014). Desarrollo de las orientaciones metodológicas, a partir de la producción de la cebolla. profocom. <https://red.minedu.gob.bo/repositorio/fuente/18377.pdf>
- Benavides, M., Díaz, J. y Rueda, G. (2017). Manejo eficiente de agua y suelo para reducir riesgo agroclimático en un cultivo de cebolla. *Suelos Ecuatoriales*, 47(1), 93-98. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7831512>
- Berrueta, A., Arboleya, A., Falero, A., y Campelo, A. (2017). Mejorando la eficiencia de la cosecha de cebolla: mecanización del arrancado e hilerado. *Revista N° 51/Diciembre 2017*, 51, 25. <https://ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/8180/1/revista-INIA-51-diciembre-2017.pdf#page=27>
- Blanco, C. (2017). Manual de producción de cebolla. https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/20.500.13082/29446/1/INIA_Libro_0045.pdf
- Blanco, C., y Lagos, J. (Eds.). (2017). *Manual de producción de cebolla*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/6711>
- Burbano, J. (2022). *Descripción de las principales enfermedades en cultivo cebolla (Allium cepa L.) y sus métodos de control* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2022). <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13360>
- Camacho, V., Flores, H. E., Rodríguez, M., Montes, R., y Sepúlveda, G. (2021). Inducción de la respuesta de defensa de plantas de cebolla en la interacción con *Trichoderma asperellum* y *Alternaria porri*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(4), 685-698.
- Cancino, A. (2021). *Efecto de tres dosis de biol como complemento a la fertilización nitrogenada en el desarrollo y producción del cultivo de cebolla (Allium cepa L.), en el valle de Santa Catalina*.
- Cardoso, C. (2016). Evaluación de abonos orgánicos en el cultivo biológico de la cebolla (*Allium cepa* L.) en el sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina). <https://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2705>
- Carpio, C., Rendón, A., Ramírez, A., Rojas, S., y Ruiz, V. (2017). Combate químico de *Thrips tabaci* (thysanoptera: thripidae) en el cultivo de cebolla, en Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana (ns)*, 33(1), 39-44. <https://azm.ojs.inacol.mx/index.php/azm/article/view/1011>
- Casierra, F., y Vargas, N. (2015). Fisiología del crecimiento y la nutrición en cebolla de bulbo (*Allium cepa* L. hib. 'Yellow Granex') en condiciones tropicales. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstreams/28fe7df0-c899-4181-b208-9034598c442b/download>

- Ccaseccsa, O. R. (2019). Densidad de plantas y niveles de guano de isla en el rendimiento de cebolla (*Allium cepa* L.) bajo labranza de conservación. Canaán 2750 m s.n.m.-Ayacucho. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/3552/1/TESIS%20AG1239_Cca.pdf
- Cisternas, A., Fernandez, M., Fernandez, D., Lorca, G. y Mena, A. (2017). Empresa de producción y comercialización de almacigueras biodegradables bio reciclado. <https://repositoriobibliotecas.uv.cl/bitstream/uvscl/1315/1/MEG%20FINAL.pdf>
- Coca, C. (2018). *Evaluación de las propiedades antiinflamatorias, antioxidantes e hipolipidémicas de cebolla procesada como ingrediente funcional" in vitro" y en modelo animal* (Doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid). <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/b1b08a0d-e93b-4589-be5d-7f7f1128ceeb/content>
- Colque, J. (2019). Evaluación económica de la producción de pequeños productores de cebollas (*Allium cepa* L.) en municipios de Achacachi y Ancoraimes del departamento de La Paz. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(1), 70-78. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2409-16182019000100010&script=sci_arttext
- de Barrera, L., Teixeira, A., Fucos, M., Huaca, J., Villacorta, O., Escudero, O., y Guerra, A. (2025). Del Surco a la Ciencia: Tecnología Aplicada en la Horticultura Loretana. *TecnoHumanismo*, 5(1), 1-83. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10245809>
- de los Reyes Rodríguez, P. (2022). *Control del reloj circadiano por la señal fotoperiódica en plantas* (Doctoral dissertation, Universidad de Sevilla). <https://idus.us.es/bitstreams/cc5faa58-00f6-4e03-bdbf-220171102967/download>
- Delhey, R., Kiehr, M., García Lorenzana, U., Bellacomo, M. C., Caracotche, M. V., Frayssinet, S., y Kroneberger, E. (2019). Podredumbres bacterianas de cebolla en Argentina. Situación actual y perspectivas a mediano plazo. <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:localhost:20.500.12123-7157/Description>
- Enciso, C., Vera, P., Santa Cruz, A., y González, J. (2019). *Guía técnica del cultivo de la cebolla* [Presentación en PowerPoint]. Proyecto Paquetes Tecnológicos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción.
- Fulgna, H. (2022). *Factores que afectan la floración en el cultivo de cebolla*. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/19069/trabajo-final-integrador.pdf
- Galindo, L., Rivas, A., Melendez, J., y Mayorquín, N. (2020). Alternativas microbiológicas para la remediación de suelos y aguas contaminados con fertilizantes nitrogenados. *Scientia et technica*, 25(1), 172-183. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7368100>
- Gallegos, E. (2015). determinación del periodo crítico de competencia de malezas en el establecimiento de almácigo de cebolla (*Allium Cepa* L. Cv. Noam) en el Valle de Tambo–2014. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/20.500.12920/3043/1/4I.0255.AG.pdf>
- Gallegos Sevillano, E. A. (2015). Determinación del periodo crítico de competencia de malezas en el establecimiento de almácigo de cebolla (*Allium Cepa* L. Cv. Noam) en el Valle de Tambo–2014. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/20.500.12920/3043/1/4I.0255.AG.pdf>
- Gamboa, S. (2022). *Cultivo y producción de cebolla* [Guía didáctica]. Universidad Nacional de La Plata. [file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/2022%20gu%C3%ADa%20de%20cebolla%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Windows%2010/Downloads/2022%20gu%C3%ADa%20de%20cebolla%20(3).pdf)
- García, E. (2017). Evaluación de la competencia ginogénica de tres genotipos de cebolla (*Allium cepa*). <https://riunet.upv.es/entities/publication/31effc38-4c8f-4632-aad0-4ee97f4ce2df>

- García, E. (2017). Evaluación de la competencia ginogénica de tres genotipos de cebolla (*Allium cepa*). <https://riunet.upv.es/entities/publication/31effc38-4c8f-4632-aad0-4ee97f4ce2df>
- Gaviola, J. (2020). Producción de semillas hortícolas. Buenos Aires: Ediciones INTA. <https://core.ac.uk/download/pdf/335290852.pdf>
- Godoy, P., Zolezzi, M., y Sepúlveda, P. (2018). Principales plagas y enfermedades en lechuga, tomate y cebolla. https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29387/INIA_Libro
- Guangasi, E. (2017). Evaluación de tres formas de curado de la cebolla híbrido burguesa (*Allium cepa* L.) para extender el tiempo de vida del bulbo. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/6f397408-63cb-47ed-9308-1da9124fe777>
- Guangasi, E. (2017). Evaluación de tres formas de curado de la cebolla híbrido burguesa (*Allium cepa* L.) para extender el tiempo de vida del bulbo. <https://repositorio.uta.edu.ec/items/6f397408-63cb-47ed-9308-1da9124fe777>
- Guasch, J., Díaz, L., Rozenberg, J., y Bozanigo, L. (2019). Análisis Integral de la Logística en el Perú: 5 Cadenas de Exportación-Producto Cebolla. <https://policycommons.net/artifacts/1464324/analisis-integral-de-la-logistica-en-el-peru/2109608/>
- Gutiérrez, X. (2021). *Efecto de densidades de siembra en el cultivo de cebolla perla (Allium cepa L.) en Ecuador* (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2021). <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/10279>
- Hernández, C., y Aguirre, H. (2024). La luz y su efecto en las plantas. *Elementos BUAP*, (136), 17-22. <https://elementos.buap.mx/directus/storage/uploads/00000009563.pdf>
- INE, (2024). Instituto Nacional de Estadística: producción año agrícola por departamento. <https://www.ine.gob.bo/index.php/estadisticas-economicas/agropecuaria/agricultura-cuadros-estadisticos/>
- León, D. (2017). Elaboración de una guía de planificación técnica y financiera para el cultivo de la cebolla de bulbo (*Allium cepa*). Estudio de caso. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2040/1/TGT-691.pdf>
- Linares, T. (2024). Memoria: Ministerio de Desarrollo Agropecuario. <https://repositorio.asamblea.gob.pa/handle/001/2233>
- López, Y., Velázquez, D., Santana, Y., Gonzales, F., Ponce, F., Carrodegua, S., y Morejón, M. (2020). Desarrollo vegetativo y rendimiento de cinco cultivares de cebolla en Sandino, Pinar del Río. *Centro Agrícola*, 47(3), 59-65. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0253-57852020000300059&script=sci_arttext
- Lopez, L. B. (2024). La relación de la oferta exportable y producción para la exportación de cebolla en el distrito Yarada Los Palos, año 2023. <http://161.132.207.135/handle/20.500.12969/3745>
- López, G., Cordero, J., Martínez, Á., Edeza, J., Tirado, M., y López, C. (2021). Efecto de la oscilación térmica en la calidad y rendimiento de cebolla blanca en el Valle de Culiacán, Sinaloa. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 12(4), 671-684. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342021000400671&script=sci_arttext
- Macías, R., Grijalva, R. L., Robles, F., López, A., y Núñez, F. (2017). Evaluación de reguladores de crecimiento en cebolla para el control de la emisión de tallo floral. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(7), 1549-1560. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342017000701549&script=sci_abstract&lng=pt

- Macías, R., Grijalva, R., Robles, F., y Núñez, F. (2014). Efecto de reguladores de crecimiento sobre la emisión de tallo floral en cebolla (*Allium cepa* L.). Biotecnia, 16(2), 21-26. <https://biotecnia.unison.mx/index.php/biotecnia/article/view/42>
- Mendoza, R., y Ticona, F. (2021). estudio de la radiación solar en ambientes atemperados ya campo abierto en la producción de cultivos en la estación experimental kallutaca. <https://repositoriodicyt.upea.bo/jspui/handle/123456789/57>
- Mendoza, R., y Ticona, F. (2021). estudio de la radiación solar en ambientes atemperados ya campo abierto en la producción de cultivos en la estación experimental kallutaca. <https://repositoriodicyt.upea.bo/jspui/handle/123456789/57>
- Meza, N., y Agüero, B. (2019). Fenología de la floración de la cebolla variedad Libertad en Lara. *INLA Divulga*, 43(43), 36-38. <http://www.publicaciones.inia.gob.ve/index.php/iniadivulga/article/view/905>
- Mora, E. E. (2021). *Manejo agronómico del cultivo de cebolla perla (Allium cepa L.) y sus procesos de valor agregado* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9352>
- Mora, E. (2021). *Manejo agronómico del cultivo de cebolla perla (Allium cepa L.) y sus procesos de valor agregado* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9352>
- Morales, I. (2023). *Respuesta del cultivo de cebolla (Allium cepa L.), variedad roja arequipeña, a cinco láminas de riego por goteo en el valle de Cajamarca*. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/bitstreams/823551f1-74a2-456d-ada6-910df3363355/download>
- Muggi, Q., y Enrique, F. (2023). Respuesta del cultivo de cebolla roja (*Allium cepa* L.) a la aplicación de micronutrientes en el distrito de Yanahuanca-Daniel Alcides Carrión. <http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/4499>
- Nunjar, A. (2023). *Programa de estudio de ingeniería agrónoma* (Doctoral dissertation, Universidad Privada Antenor Orrego). <https://repositorio.upao.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/e6e473e4-70e2-45db-8bb2-02e134348a5c/content>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2025). FAOSTAT [Base de datos]. <http://www.fao.org/faostat>
- Quijano, A., y Miranda, L. (2019). Caracterización, tipificación y clasificación de los sistemas de producción de cebolla de bulbo (*Allium Cepa* L.) en el Distrito de Riego del Alto Chicamocha (DRACH). https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2904/1/TGT_1555.pdf
- Quintero, M. (2016). Caracterización genética de especies pertenecientes al género *Allium*, de importancia comercial, distribuidas en los departamentos de Risaralda, Antioquia, Quindío, Huila, Boyacá y Cundinamarca. <https://repositorio.utp.edu.co/bitstream/handle/11059/7566/63525Q7.pdf?se>
- Quispe, G., Gutiérrez, I., Santivañez, A., y Huanca, N. (2024). Estabilidad fenotípica y tolerancia a la floración prematura en cultivares de cebolla de fotoperiodo intermedio en la región Altiplánica de Bolivia. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 15(2), 100-112. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S2072-92942024000200100&script=sci_arttext
- Rojas, O. J. (2024). Diseño de un sistema de riego por microaspersión en un cultivo de cebolla junca (*Allium Fistulosum* L.) en el municipio de Tona, Santander. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/67512>

- Saavedra, G., Jana, C., y Kehr, E. (2019). Hortalizas para procesamiento agroindustrial. https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/29326/Boletin_INIA_4
- Salvador, F., y Pilar, M. (2017). caracterización físico-química de familias seleccionadas para baja pungencia en la cebolla fuentes de ebro. <https://zaguan.unizar.es/record/65580>
- Tancara, L. C., y Alvarez, R. (2015). Evaluación de niveles de biol bovino en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) bajo riego por goteo en la Estación Experimental de Choquenaira. <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:localhost:8080:123456789-5576/Description>
- Tarira, Y. M. (2015). *Comportamiento agronómico del cultivo de cebolla puerro (Allium porrum L.) en cuatro densidades de siembra mediante el sistema organopónico, en la zona de Babahoyo* (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2015). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/1068>
- Vargas, H. C. (2016). Autosuficiencia en productos agrícolas del Estado Plurinacional de Bolivia: Humberto Chuquimia Vargas. *Apthapi*, 2(2), 14-25. <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/147>
- Vázquez, L. V., Díaz, J. B., Díaz, B. B., Cruz, F. V., Marroquín, G. P., y Martínez, P. Z. (2021). Sensores de humedad del suelo en el cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) con riego por goteo. In *de Sexto Congreso Nacional de Riego, Drenaje y Biosistemas, Hermosillo*. <https://www.riego.mx/congresos/comeii2021/files/ponencias/presentacion/COMeII-21035.pdf>
- Vieta, A. (2020). Factores de manejo del cultivo que influyen sobre la conservación poscosecha de cebolla en sistemas prediales. <https://core.ac.uk/download/pdf/539037106.pdf>
- Vilte, A. J. (2017). Estudio de las propiedades benéficas en la cebolla (*Allium cepa* L.) en el departamento de Tarija. *Ventana Científica*, 8(13), 7-12.
- Yupanqui, G. (2018). Determinación del efecto de la aplicación de sustancias húmicas en el rendimiento del cultivo de cebolla (*Allium cepa* L.) var. Roja Ilabaya–Tacna 2017. <https://repositorio.unjbg.edu.pe/server/api/core/bitstreams/65165021-f3a0-449b-9322-925489c9d3b5/content>
- Zamora, F., Medina, E., y Urbina, P. (2023). Rendimiento de cebolla (*Allium cepa*) bajo siembra directa con diferentes sustratos. *Revista Sociencytec*, 1(1). <https://sociencytec.com/index.php/sct/article/view/10>



CAPÍTULO 3



TOMATE

(Solanum lycopersicum L.)



ÍNDICE DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES.....	101
1.1. Clasificación taxonómica	101
1.2. Características botánicas	102
1.2.1. Planta	102
1.2.2. Hoja	102
1.2.3. Raíz	102
1.2.4. Flor.....	103
1.2.5. Fruto	104
1.2.6. Semilla	104
1.3. Variedades de polinización abierta	105
2. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO	107
2.1. Temperatura.....	107
2.2. Humedad relativa	108
2.3. Luminosidad	108
2.4. Suelo.....	108
3. ESTABLECIEMIENTO DEL CULTIVO	108
3.1. Elección de la variedad a cultivar.....	108
3.2. Almacigo.....	109
3.2.1. Almacigo en platabandas	109
3.2.1.1. Preparación de la platabanda	110
3.2.1.2. Desinfección de la platabanda	110
3.2.1.3. Siembra de la platabanda	110
3.2.2. Almacigo en bandejas multicelda	111
3.2.2.1. Preparación y desinfectado del sustrato	111
3.3. Tratamientos fitosanitarios en etapa de almacigo	112
3.4. Riego en etapa de almacigo.....	114
3.4.1. Riego de las bandejas multicelda	114
3.4.2. Riego de las platabandas	114
3.5. Estado óptimo de los plantines.....	114
3.5.1. Estado óptimo de los plantines producidos en bandejas multicelda	114
3.5.2. Estado óptimo de plantines producidos en platabandas	115
3.6. Establecimiento del cultivo en campo	115
4. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO	117
4.1. Preparación del suelo.....	118
4.1.1. Análisis de suelo de la parcela	118

4.1.2. Labores de preparación del terreno	118
4.1.3. Fertilización	119
4.1.3.1. Fertilización de fondo.....	120
4.2. Riego	121
4.2.1. Riego por surcos	121
4.2.2. Riego por goteo.....	122
4.3. Aporque.....	122
4.4. Poda y tutorado	122
4.4.1. Poda	122
4.4.2. Tutorado	123
4.4.2.1. Tutorado en espaldera	124
4.4.2.2. Amarrado	124
4.5. Control de malezas	124
4.6. Manejo fitosanitario de plagas y enfermedades del cultivo.....	124
4.6.1. Plagas insectiles	124
4.6.2. Nematodos	129
4.6.3. Enfermedades	129
4.6.4. Desordenes fisiológicos y nutricionales.....	134
4.7. Cosecha	138
4.7.1. Recolección.....	138
4.7.2. Clasificación.....	139
4.7.3. Empaque	140
4.5.8. Mercado	140
5. MERCADEO AGRÍCOLA DE TOMATE	140
GLOSARIO	141
BIBLIOGRAFÍA.....	145

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de tomate (<i>Solanum Lycopersicum</i> L.).	101
Cuadro 2. Características de las variedades de tomate cultivadas a campo abierto en Bolivia.	107
Cuadro 3. Temperaturas críticas y óptimas para el cultivo de tomate.	107
Cuadro 4. Características de los suelos en los principales municipios productores de tomate en Bolivia.....	108
Cuadro 5. Pesticidas para control de enfermedades en almácigo de tomate en platabandas.	113
Cuadro 6. Pesticidas para control de plagas en almácigo de tomate en platabandas.	113
Cuadro 7. Ventajas y desventajas del almácigo en platabanda y en bandejas.....	115
Cuadro 8. Requerimiento neto, dosis y época de aplicación de nitrógeno (N) de acuerdo con el rendimiento del cultivo de tomate.....	119
Cuadro 9. Requerimiento neto, dosis y época de aplicación de fósforo (P) de acuerdo con el rendimiento del cultivo de tomate.....	119
Cuadro 10. Requerimiento neto, dosis y época de aplicación de potasio (K) de acuerdo con el rendimiento del cultivo de tomate.....	120
Cuadro 11. Requerimiento nutricional del cultivo de tomate.....	120
Cuadro 12. Control químico y ecológico de la polilla del tomate (<i>Tuta absoluta</i> Meyrick)..	125
Cuadro 13. Control químico y ecológico de la mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>).....	126
Cuadro 14. Control químico y ecológico del pulgón (<i>Aphis gossypii</i> Sulzer).	127
Cuadro 15. Control químico y ecológico del trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>).....	128
Cuadro 16. Control químico y ecológico de Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>).....	130
Cuadro 17. Control químico y ecológico de Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>).	131
Cuadro 18. Control químico y ecológico de la viruela del tomate (<i>Septoria lycopersici</i>).....	131
Cuadro 19. Control químico y ecológico del oídio (<i>Leveillula taurica</i>).....	132
Cuadro 20. Control químico y ecológico del Fusarium (<i>Fusarium oxysporum</i>).	133

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Hojas de la planta de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	102
Figura 2. Raíces de tomate (<i>Solanum Lycopersicum</i> L.).	103
Figura 3. Flores de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) de la variedad INIAF Renacer.	103
Figura 4. Fase de desarrollo fenológico de la flor de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	103
Figura 5. Frutos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en etapa de maduración.	104
Figura 6. Semilla de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	104
Figura 7. Frutos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Rio Fuego.	105
Rio Grande.	105
Figura 8. Frutos maduros de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. Rio Grande.	105
Figura 9. Frutos maduros de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) var. INIAF Renacer.	106
Figura 11. Producción de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) a campo abierto, en el Municipio de Mizque-Cochabamba.	109
Figura 12. Almacigo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en platabandas, Omereque-Cochabamba.	109
Figura 13. Bandeja multicelda con plantines de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	111
Figura 14. Preparación de sustrato.	112
Figura 15. Llenado de bandejas multicelda con sustrato desinfectado.	112
Figura 16. Tratamiento fitosanitario a plantines de tomate en bandejas multicelda.	113
Figura 17. Plantín de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) producido en bandeja multicelda.	114
Figura 18. Trasplante de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) con cobertura plástica, y cintas de riego por goteo, municipio de Mizque del departamento de Cochabamba.	117
Figura 19. Análisis de contenido de nitrógeno por el método de colorimetría.	118
Figura 20. Preparación del terreno con maquinaria agrícola.	118
Figura 21. Riego de cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) por surcos, Sipe Sipe.	121
Figura 22. Riego por goteo en el cultivo de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	122
Figura 23. Tutorado de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.) en el municipio de Capinota del departamento de Cochabamba.	123
Figura 24. Polilla del tomate (<i>Tuta absoluta</i> Meyrick), macho adulto y larvas.	125
Figura 25. Mosca Blanca (<i>Bemisia tabaci</i>) en hojas de tomate.	126
Figura 26. Pulgón (<i>Aphis gossypii</i> Sulzer).	127
Figura 27. Daño en frutos de tomate por Trips (<i>Frankliniella occidentalis</i>). Adaptado de Ramos W. (2023).	128
Figura 28. Nematodos en raíces de tomate.	129
Figura 29. Tizón temprano (<i>Alternaria solani</i>) en hojas de tomate.	129
Figura 30. Tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) en fruto de tomate.	130
Figura 31. <i>Fusarium oxysporum</i> en plantas de tomate.	132

Figura 32. Marchitez bacteriana (<i>Ralstonia solanacearum</i>) en cultivo de tomate.	133
Figura 33. Síntomas de virus en hojas de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	134
Figura 34. Deficiencia de calcio en fruto de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).....	135
Figura 35. Rajaduras en frutos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	136
Figura 36. Maduración manchada o Whipala en frutos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	136
Figura 37. Aborto floral en tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	137
Figura 38. Recolección de frutos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	138
Figura 39. Clasificación de frutos de tomate (<i>Solanum lycopersicum</i> L.).	139

Capítulo 3

TOMATE

1. GENERALIDADES

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.), perteneciente a la familia Solanaceae, es la hortaliza más importante a nivel mundial por su valor económico y nutricional (Vecilla, 2022). Originario de los Andes sudamericanos (Bolivia, Perú, Ecuador y Chile), fue domesticado independientemente por culturas precolombinas de México y Perú, lo que generó una amplia diversidad genética. Hoy en día, se cultiva en todos los continentes, adaptándose a diversos climas y sistemas de producción (Merchán, 2023). Económicamente, el tomate se divide en dos mercados principales: alrededor del 70% de la producción se destina al consumo en fresco, mientras que el 30% restante se procesa industrialmente para elaborar salsas, pastas y conservas (Casas *et al.*, 2019). Nutricionalmente, es considerado un alimento funcional debido a su alto contenido de compuestos bioactivos, como el licopeno (un potente antioxidante asociado a la prevención de enfermedades cardiovasculares y cáncer), vitamina C, β -caroteno, vitamina E, flavonoides y ácidos fenólicos (Rendón, 2016). Estas propiedades lo convierten en un cultivo esencial para la alimentación y la salud humana.

El tomate es uno de los cultivos más importantes de Bolivia, con producción concentrada en Santa Cruz (40% del área) y Cochabamba (26,4%). En la campaña 2023-2024 se obtuvieron 80.420 toneladas a nivel nacional, con un rendimiento promedio de 15.754 kg ha⁻¹. Santa Cruz lideró la producción con 30.336 toneladas, seguido por Cochabamba con 25.695 toneladas (INE, 2024).

Nutricionalmente, el tomate destaca por su contenido de licopeno, vitaminas y antioxidantes, siendo un alimento clave en la dieta boliviana. Su adaptabilidad climática y valor económico lo convierten en un cultivo estratégico para el país, con potencial para mejorar rendimientos mediante técnicas agronómicas avanzadas (Beed *et al.*, 2021). Su versatilidad (consumo fresco e industrial) refuerza su importancia para la seguridad alimentaria nacional (Estrella *et al.*, 2025).

1.1. Clasificación taxonómica

El tomate (*Solanum lycopersicum* L.) originalmente descrito como *Lycopersicon esculentum*, se tiene registrado nueve especies del género *Solanum*, sin embargo, *Solanum lycopersicum* L. es la única que se llega a cultivar como hortalizas (Alarcón, 2013).

Cuadro 1. Clasificación taxonómica del cultivo de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.).

Clasificación taxonómica	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Solanales
Familia:	Solanaceae
Subfamilia:	Solanoideae
Tribu:	Solaneae
Género:	<i>Solanum</i>
Especie:	<i>Solanum lycopersicum</i> L.

Nota. Alonso *et al.* (2018).

1.2. Características botánicas

El tomate es una planta con rasgos botánicos únicos que la distinguen dentro del reino vegetal.

1.2.1. Planta

El tomate es una planta herbácea perenne, anual, susceptible al daño por heladas (Svoboda, 2022). Por su crecimiento puede ser:

- Indeterminado, caracterizándose por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite (Juárez *et al.*, 2015).
- Determinado, que en su desarrollo progresivamente presentan menos hojas y terminan en un ápice reproductivo, a su vez son de crecimiento compacto semi erecto y limitado (Burbano y Vallejo, 2017).

1.2.2. Hoja

La hoja es de tamaño medio a grande entre 10 a 40 cm, compuestas, alternas, pecioladas, borde dentado, bipinnadas, cubiertas de numerosos tricomas simples y glandulares (Blancard, 2021).



Figura 1. Hojas de la planta de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

1.2.3. Raíz

La raíz del tomate es pivotante con muchas raíces secundarias, y puede alcanzar una profundidad de hasta 2 m. Durante el trasplante se daña la raíz pivotante ocasionando la ramificación de la raíz (raíces adventicias) las cuales se concentran en los primeros 0,30 cm del perfil del suelo (Abuslin y Vaca, 2017).



Figura 2. Raíces de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.).

1.2.4. Flor



Figura 3. Flores de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) de la variedad INIAF Renacer.

La flor del tomate es hermafrodita, debido a que en la misma flor se encuentran los órganos masculinos (estambres) y femenino (pistilo). Estas se agrupan en inflorescencias simples o ramificadas de entre 5 a 12 flores, son flores perfectas, hipóginas y regulares, con 5 o más sépalos verdes, con 5 o más pétalos de color amarillo intenso. Posee anteras con estambres que forman un cono que cubre el estilo y estigma del ovario, el cual está formado por dos o más carpelos (Blancard, 2011).



Figura 4. Fase de desarrollo fenológico de la flor de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

1.2.5. Fruto



Figura 5. Frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en etapa de maduración.

Los frutos del tomate son bayas carnosas y tiernas (Blancard, 2011), globosas, biloculares o pluriloculares, lisas o acostilladas según la variedad, con tamaños que oscilan entre los 3 a 16 cm de diámetro. Los frutos del tomate presentan diferentes formas como tipo pera, redonda y diversos colores como rojo, amarillo, verde y morado.

1.2.6. Semilla

La semilla de tomate es de color pardo, forma aplanada y reniforme, con un tamaño pequeño de 3 a 5 mm. En promedio, un gramo contiene entre 250 y 350 semillas (García y González, 2018).



Figura 6. Semilla de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El tomate se reproduce sexualmente por semilla. Un gramo contiene aproximadamente 300 semillas, dependiendo de la variedad y el tamaño. Su viabilidad es de 3 a 5 años cuando se almacenan a 5°C y con un contenido de humedad del 12% (Torres, 2022).

1.3. Variedades de polinización abierta

En Bolivia, el INIAF ha registrado variedades de tomate como: Río Fuego, Santa Clara, Río Grande, Urkupiña, INIAF Renacer (registrada el 2021) e ISA-23 (registrada el 2024), cuyas características agronómicas son:

Río Fuego

La variedad Río Fuego es de hábito de crecimiento determinado, con un ciclo de cultivo de 80 a 90 días después del trasplante (DDT). Es apta para cultivo a cielo abierto. Produce frutos tipo pera, de tamaño mediano, color rojo, sabor semidulce y consistencia blanda. Su rendimiento oscila entre 30 a 35 t ha⁻¹.



Figura 7. Frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Río Fuego.

Río Grande



Figura 8. Frutos maduros de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. Río Grande.

Esta variedad es de hábito de crecimiento determinado, con un ciclo de cultivo de 90 días después del trasplante (DDT). Es apta para cultivo a cielo abierto y presenta tolerancia a sequía. Produce frutos medianos de color rojo y consistencia blanda. Su rendimiento se estima entre 30 a 35 t ha⁻¹.

INIAF Renacer



Figura 9. Frutos maduros de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) var. INIAF Renacer.

Esta variedad es de hábito de crecimiento semi determinado, con un ciclo de cultivo de 120 a 130 días después del trasplante (DDT). Es apta para cultivo a cielo abierto, de crecimiento vigoroso. Esta variedad produce frutos grandes tipo pera, de consistencia firme. Su rendimiento oscila entre 40 a 45 t ha⁻¹.

Santa Clara

Esta variedad es de hábito de crecimiento indeterminado, con un ciclo de cultivo de 90 a 120 días después del trasplante (DDT). Es apta para cultivo a cielo abierto, de crecimiento vigoroso. Esta variedad produce frutos de forma rectangular con presencia de la capa de abscisión. Su rendimiento oscila entre 35 a 45 t ha⁻¹.

Urkupña

Esta variedad es de hábito de crecimiento indeterminado, con un ciclo de cultivo 120 días después del trasplante (DDT). Es apta para cultivo en invernadero, de crecimiento vigoroso. Esta variedad produce frutos grandes redondeados, de consistencia media a firme. Su rendimiento oscila entre 100 a 120 t ha⁻¹.

Isa-23

Esta variedad es de hábito de crecimiento determinado, con un ciclo de cultivo de 100 a 120 días después del trasplante (DDT). Es apta para cultivo a cielo abierto y ambientes protegidos. Esta variedad produce frutos de forma elíptica, de consistencia media a firme. Su rendimiento oscila entre 30 a 40 t ha⁻¹.

Variedades híbridas

Estas variedades son el resultado de cruza entre diferentes parentales, de los cuales se explota su vigor híbrido para obtener principalmente elevados rendimientos. En Bolivia, las principales zonas de producción de tomate, cultivan variedades híbridas, debido a sus características, de elevado rendimiento, resistencia a enfermedades, forma de fruto, consistencia dura y precocidad principalmente. Algunas de las variedades híbridas cultivadas en nuestro medio son: Negreño, Nativo, Bingo, Lia y Omereque entre otras.

Si bien el uso de variedades híbridas incrementa los rendimientos del cultivo de tomate, el elevado costo de semilla de estas variedades híbridas hace que se incrementen los costos de producción.

Cuadro 2. Características de las variedades de tomate cultivadas a campo abierto en Bolivia.

Variedad	Forma de crecimiento	Ciclo del cultivo (días)	Color y Forma del fruto	Rendimiento (t ha ⁻¹)	Regiones aptas para cultivo
INIAF Renacer	Semi determinado	120 a 130	Rojo tipo pera	55 a 60	Valles y valles mesotérmicos
Rio Grande	Determinado	100	Rojo tipo pera	30 a 35	Valles y valles mesotérmicos, trópico
Rio Fuego	Determinado	80 a 90	Rojo tipo pera	30 a 35	Valles y valles mesotérmicos, trópico
Nativo (híbrido)	Determinado	90	Rojo tipo pera	60 a 70	Valles y valles mesotérmicos
Bingo (Híbrido)	Determinado	90	Rojo tipo pera	60 a 70	Valles y valles mesotérmicos
Lia (Híbrido)	Determinado	90	Rojo tipo pera	60 a 70	Valles y valles mesotérmicos

2. REQUERIMIENTOS AGROECOLÓGICOS DEL CULTIVO

2.1. Temperatura

La temperatura óptima para el desarrollo del cultivo de tomate oscila entre 20°C y 30°C durante el día. Temperaturas superiores a 30°C ocasionan aborto floral, mientras que temperaturas nocturnas inferiores, entre 10°C a 17°C, provocan problemas en el desarrollo de la planta (Serna, 2017).

La maduración del fruto está influenciada por las condiciones climáticas. Temperaturas extremas, superiores a 30°C o inferiores a 10°C, causan daños en los frutos (Mendoza, 2017).

Cuadro 3. Temperaturas críticas y óptimas para el cultivo de tomate.

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

2.2. Humedad relativa

La humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de tomate oscila entre el 60% y el 80%. Valores superiores al 80% favorecen el desarrollo de enfermedades, el agrietamiento en frutos y problemas de cuajado. En el cultivo de tomate bajo invernadero, la humedad debe controlarse adecuadamente, mediante la apertura de las cortinas laterales durante el día (Guzmán *et al.*, 2017).

2.3. Luminosidad

El tomate es una planta indiferente al fotoperiodo (Escobar, 2010), no obstante, requiere una buena iluminación para su desarrollo, de 8 a 16 horas de luz por día.

2.4. Suelo

El tomate no es muy exigente en cuanto a suelos. No obstante, para su cultivo se recomiendan suelos profundos (30-50 cm), de textura franco-arcillosa, ricos en materia orgánica y con buen drenaje. El pH óptimo oscila entre 6,0 y 6,5 (Guzmán *et al.*, 2017).

El tomate prefiere suelos de ligeros a medios, ya que su sistema radicular requiere una buena aireación. Los suelos pesados o arcillosos no son recomendables, ya que, por un lado, dificultan la penetración de las raíces y, por otro, favorecen el encharcamiento, lo que reduce el contenido de oxígeno en el suelo (Villaruel, 2013).

Cuadro 4. Características de los suelos en los principales municipios productores de tomate en Bolivia.

Municipio	Clasificación	pH	Profundidad (cm)	Textura	Drenaje
Omereque	Molisoles	5,5 a 6,5	150	Franco arenoso	Bueno
Pampa grande	Luvisoles	6,5	100 a 200	Franco arenoso	Bueno
Saipina	Luvisoles	6,5	100 150	Franco arenoso	Bueno
Tupiza	Luvisoles	5,5 a 6,5	100 a 150	Franco arenoso	Bueno
San Benito	Luvisoles	6,5	100 a 200	Franco arenoso	Bueno
Villa Tunari	Luvisoles	5,5 a 6,5	100 a 150	Franco arenoso	Bueno

Nota. Adaptado de los Planes Territoriales de Desarrollo Integral (PTDIs), 2022.

3. ESTABLECIAMIENTO DEL CULTIVO

3.1. Elección de la variedad a cultivar

La selección de la variedad de tomate (ya sea de polinización abierta o híbrida) es fundamental para una producción exitosa (Julio *et al.*, 2016). Es crucial analizar las características específicas de cada variedad, como: el hábito de crecimiento (determinado, semi determinado o indeterminado), el ciclo del cultivo, el color del fruto, la tolerancia o susceptibilidad a enfermedades y plagas, las épocas de trasplante, los requerimientos nutricionales, las condiciones ambientales óptimas y su potencial de rendimiento.



Figura 11. Producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) a campo abierto, en el Municipio de Mizque-Cochabamba.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

Investigaciones realizadas por el Proyecto Hortalizas del INIAF (2021-2025) en el CNPSH (Cochabamba) demostraron que el *priming* con ácido giberélico en semillas de tomate y posterior peletizado, es una alternativa que mejora el desempeño agronómico en campo (alta velocidad de emergencia, altura y vigor de plántula). Adicionalmente, presenta rentabilidad que confirman su viabilidad técnica y económica para la producción de semilla peletizada de tomate.

3.2. Almacigo

El cultivo de tomate se establece mediante siembra indirecta (trasplante). En Bolivia se emplean principalmente dos sistemas para la producción de plantines: en platabandas (camas de almacigo) y en bandejas multicelda (almacigueras plásticas) (Mairana, 2017). La preparación del almacigo se realiza con un mes de anticipación al trasplante definitivo a campo abierto.

Debido a las condiciones favorables de humedad y temperatura, en las regiones de los valles cruceños y valles mesotérmicos, la producción de plantines puede ser realizarse durante todo el año. En la región de valles templados, la siembra de almacigo inicia en los meses de julio y agosto, mientras que, en la región tropical de Cochabamba, se realiza de marzo a abril.

3.2.1. Almacigo en platabandas

Este sistema de producción de plantines es el más utilizado por los productores de tomate en Bolivia, especialmente en las regiones de valles templados y zonas tropicales.



Figura 12. Almacigo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en platabandas, Omereque-Cochabamba.

3.2.1.1. Preparación de la platabanda

Se preparan las platabandas con una altura de 0,10 m y un ancho de 1,00 m. La longitud depende de la superficie a implementar. Se debe incorporar materia orgánica, cascarilla de arroz quemada o perlita, bien mezcladas, en la siguiente proporción: 30% de tierra vegetal, 40% de materia orgánica descompuesta y 30% de cascarilla de arroz requemada.

3.2.1.2. Desinfección de la platabanda

Antes de iniciar la siembra de la semilla en las platabandas, el sustrato de estas debe ser desinfectado. Para ello, existen diversas técnicas, como:

- Solarización: Consiste en humedecer el sustrato y cubrir la platabanda herméticamente con plástico transparente durante 20 a 30 días.
- Desinfección térmica: Mediante el vertido de agua caliente (80 a 100 °C) sobre el sustrato.
- Control biológico: Aplicación de *Trichoderma spp.* para el manejo de enfermedades del suelo.
- Desinfección química: Combinación de un fungicida (p. ej., con ingredientes activos como tebuconazol y carbendazim) con un insecticida (p. ej., tiametoxam).

Es fundamental leer detenidamente las etiquetas de los productos, seguir las instrucciones del fabricante y utilizar el equipo de protección individual (EPI) necesario al aplicar cualquier método químico.

3.2.1.3. Siembra de la platabanda

Una vez desinfectado el sustrato, la platabanda debe mantener una humedad cercana a la capacidad de campo para favorecer la germinación de las semillas. La siembra puede realizarse al voleo o en líneas a chorro continuo, asegurando una distribución uniforme. Se recomienda una densidad de 2 a 3 gramos de semilla por metro cuadrado.

Posterior a la siembra, las semillas deben cubrirse con una capa delgada de sustrato, humedecerse y luego protegerse con una cubierta de plástico negro para conservar la humedad y estimular la germinación. Esta cubierta debe retirarse cuando al menos el 80% de las plántulas hayan emergido y alcancen la etapa de gancho (cotiledones visibles), lo que ocurre aproximadamente entre 3 y 5 días después de la siembra, dependiendo de la zona (menor tiempo en trópico, mayor en valles templados).

Es crucial retirar el plástico oportunamente para evitar la etiolación (ahilamiento) de las plántulas. Para el desarrollo inicial, la cama de siembra debe protegerse con una cubierta de malla sombra al 50% o, de manera artesanal, con ramas de árboles. Esto permite una aclimatación gradual a la radiación solar, lo que fortalece los plantines.

3.2.2. Almácigo en bandejas multicelda



Figura 13. Bandeja multicelda con plantines de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Este sistema es ampliamente utilizado en los valles cruceños y valles mesotérmicos de Bolivia y ha ganado creciente aceptación entre los productores de tomate. Se caracteriza por el uso de bandejas de alta densidad y multicelda. Si bien requiere una mayor inversión inicial, esta se compensa con las ventajas agronómicas que ofrece el sistema.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

Investigaciones realizadas por el Proyecto Hortalizas del INIAF (2022-2025) demostraron que:

1. Los sustratos con proporciones 1:1:1 y 2:1:1 (biocarbón:lama:tierra vegetal), bajo una frecuencia de riego de 2 veces al día, mejoraron significativamente el crecimiento, la calidad y la viabilidad económica de los plantines de tomate producidos.

2. Los sustratos con proporciones 0,5:1:1 y 1:1:1 (zeolita:lama:tierra vegetal) mostraron una mejor relación costo-beneficio, destacándose por el desarrollo radicular, la calidad de plantín y la viabilidad económica.

3. Los sustratos con proporciones 8:1:1 y 6:2:2 (tierra vegetal:cascarilla de arroz sin requeimar:cascarilla de arroz requeimada) presentaron los mejores resultados en emergencia, prendimiento, desarrollo vegetativo, sistema radicular y contenido de clorofila, además de alta rentabilidad en platines de tomate

3.2.2.1. Preparación y desinfectado del sustrato

La composición del sustrato para la producción de plantines en bandejas puede variar según la disponibilidad local de insumos, ya que muchos de estos materiales no siempre están accesibles para los productores. A continuación, se sugieren componentes y proporciones para formular un sustrato que favorezca el desarrollo óptimo de plantines de tomate.

Se utiliza una mezcla de lama, tierra vegetal y cascarilla de arroz carbonizada en una relación 1:1:1 (volumen/volumen). Esto significa una parte de lama, una parte de tierra vegetal y una parte de cascarilla de arroz carbonizada. Los componentes deben mezclarse homogéneamente antes de proceder a la desinfección.

La desinfección puede realizarse mediante vapor de agua (utilizando carros especializados) o mediante solarización. Es importante destacar que, tras este proceso, el sustrato queda estéril (libre de patógenos, así como de la microflora y microfauna del suelo).



Figura 14. Preparación de sustrato.

A. Preparación y homogeneización del sustrato.; **B.** Llenado del sustrato en el equipo de desinfección.; **C.** Desinfección de sustrato por arrastre de vapor.



Figura 15. Llenado de bandejas multicelda con sustrato desinfectado.

3.3. Tratamientos fitosanitarios en etapa de almácigo

Se debe realizar el monitoreo constante de plagas y enfermedades en la almáciguera, realizando las aplicaciones necesarias cuando corresponda de acuerdo con la incidencia.

Cuadro 5. Pesticidas para control de enfermedades en almácigo de tomate en platabandas.

CONTROL QUÍMICO PARA ENFERMEDADES			
Enfermedad	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis
Mal de almaciguera o <i>Damping off</i>	Tebuconazole+Carbendazim	Delta tc	0,3 a 0,5 L ha ⁻¹
		Apache	0,7 a 0,8 L ha ⁻¹

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Cuadro 6. Pesticidas para control de plagas en almácigo de tomate en platabandas.

CONTROL QUÍMICO PARA INSECTOS PLAGA			
Insecto	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis
Mosca blanca, Pulgón y Chinche verde pequeño	Imidacloprid	Imidan 70 WG	200 g ha ⁻¹
Mosca blanca y Pulgón	Thiametoxan+Lambda- Cyhalotrin	Engeo	150 a 200 cc 200 L ⁻¹ de agua; 150 a 200 cc 200 L ⁻¹ de agua
Hormigas defoliadoras	Sulfuramida	Mirex	6 a 8 g m ⁻²

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Se debe realizar el monitoreo diario de la presencia de plagas y enfermedades y realizar las aplicaciones preventivas correspondientes para su control.

**Figura 16.** Tratamiento fitosanitario a plantines de tomate en bandejas multicelda.

La enfermedad más común dentro de la producción intensiva de plantines de tomate es el mal de almaciguera:

El mal de almaciguera o *Damping off*, es la enfermedad más común en almacigueras, compuesto por cuatro géneros de hongos fitopatógenos *Phytophthora*, *Fusarium*, *Phytium* y *Rhizoctonia* que causan esta enfermedad (Blancard, 2011).

Los síntomas de la presencia de *Damping off*, son el amarillamiento de las puntas de las hojas, marchitez de los plantines, necrosamiento y secado del cuello de los plantines y muerte de estas (Lamichhane *et al.*, 2017; Salman y Abuamsha, 2012).

La incidencia del *Damping off* en almácigo alcanza hasta el 29%, las pérdidas en almácigo, en campo y cosecha puede ser del 10 al 100% (Lindao, 2021).

3.4. Riego en etapa de almácigo

3.4.1. Riego de las bandejas multicelda

El riego en las bandejas multicelda puede realizarse de forma manual o mediante sistemas de nebulización (Garbi y Puerta, 2021). La frecuencia debe ajustarse al tipo de sustrato utilizado, generalmente se realizan tres aplicaciones diarias: una en la mañana, otra al mediodía y una última al final de la tarde. El sustrato debe mantenerse cercano a la capacidad de campo, evitándose tanto el exceso de agua como el riego superficial para prevenir el desarrollo de enfermedades.

3.4.2. Riego de las platabandas

El riego del almácigo en platabanda debe realizarse preferentemente con una regadera, ajustándose a las necesidades de los plantines y evitando el encharcamiento. Para garantizar un riego eficiente, es fundamental considerar las condiciones climáticas y la humedad del sustrato.

3.5. Estado óptimo de los plantines

3.5.1. Estado óptimo de los plantines producidos en bandejas multicelda



Figura 17. Plantín de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) producido en bandeja multicelda.

Los plantines deben de tener una altura de entre 10 y 15 centímetros, con un tallo robusto y sano. Libres de plagas y enfermedades. Los plantines producidos en bandeja multicelda están listos para ser llevados a campo a partir de los 30 días después de la siembra.

Cuadro 7. Ventajas y desventajas del almácigo en platabanda y en bandejas.

Sistema de almácigo	Ventajas	Desventajas
Platabandas	Menor costo de inversión. Menor mano de obra.	Mayor cantidad de semilla a usar. Menor uniformidad de los plantines. Mayor cantidad de plantines para el trasplante, 2 por golpe. Mayor tiempo de prendimiento. Mayor porcentaje de pérdida de plantines por estrés y prendimiento. Retraso en la producción del cultivo.
Bandejas	Menor cantidad de semilla a usar. Uniformidad de los plantines. Menor tiempo de prendimiento. Menor porcentaje de pérdida de plantines en el trasplante. Adelantamiento en la producción.	Mayor costo de inversión. Mayor mano de obra. Mayor frecuencia de riego

Nota. Adaptado de Escalona *et al.* (2009).

3.5.2. Estado óptimo de plantines producidos en platabandas

El momento óptimo de trasplante para los plantines producidos en platabandas varía según la zona:

- Valles mesotérmicos y trópico: 30-40 días después de la siembra (DDS).
- Valles templados: Cuando el 90% de los plantines alcancen una altura de 10-15 cm y presenten al menos tres hojas verdaderas.
- Otras regiones: Aproximadamente 40 DDS.

Para la cosecha de los plantines de tomate producidos en platabandas, el sustrato debe encontrarse cercano a la capacidad de campo (De Caboteau y Morini, 2020). Mediante el uso de una pala pequeña, se extraen las plántulas con cuidado para minimizar el daño radicular. Se elimina el exceso de sustrato de las raíces mediante sacudidas leves, tras lo cual las plántulas deben trasladarse inmediatamente al sitio definitivo para su establecimiento.

3.6. Establecimiento del cultivo en campo

La producción de tomate a campo abierto es el sistema de producción más común en las zonas productoras de tomate en Bolivia, el siguiente esquema muestra los pasos que se siguen para la producción de tomate a campo abierto.

Preparación de los plantines:

Los plantines se consideran aptos para el trasplante cuando alcanzan una altura de 10-15 cm y presentan 3-4 hojas verdaderas. El tiempo requerido para alcanzar este estado varía según la zona:

- Valles mesotérmicos y trópico: 30 días después de la siembra (DDS).
- Valles templados: 45 DDS o cuando el 90% de las plántulas cumplan con los criterios morfológicos.

Densidad de plantación:

La plantación se realiza con los siguientes distanciamientos:

- Distancia entre surcos: 0,8-1,0 m.
- Distancia entre plantas: 0,5-0,6 m.
- Densidad poblacional: 15.000-30.000 plantas ha⁻¹.

Operación de trasplante:

Se recomienda:

- Realizar la operación durante horas de menor radiación (tardes o días nublados).
- Asegurar que el suelo se encuentre cercano a la capacidad de campo.
- Colocar las plántulas a la profundidad adecuada (nivel del cuello radical).
- Evitar la formación de bolsas de aire en la zona radical, especialmente en plántulas a raíz desnuda.
- Realizar un riego inmediato post trasplante.

Sistemas de establecimiento:

Existen diversas configuraciones:

- Tradicional: Trasplante a ras del suelo.
- Camas elevadas: Con o sin cobertura plástica (acolchado).
- Sistema recomendado: Camas elevadas con acolchado plástico y riego por goteo, que ha demostrado mayores rendimientos.



Figura 18. Trasplante de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) con cobertura plástica, y cintas de riego por goteo, municipio de Mizque del departamento de Cochabamba.

Consideraciones técnicas:

- Utilizar trasplantador manual para garantizar la uniformidad.
- Evitar el estrés hídrico y térmico durante el proceso.
- Prevenir el encharcamiento para evitar asfixia radical.
- Asegurar el contacto adecuado entre el sustrato radical y el suelo.

4. MANEJO AGRONÓMICO DEL CULTIVO

El manejo agronómico del cultivo incluye el tutorado, aporque, poda, nutrición y fertilización, control de malezas, control de plagas y enfermedades, riego y drenaje (Monge, 2021).

4.1. Preparación del suelo

4.1.1. Análisis de suelo de la parcela

Se debe realizar previamente un análisis del suelo de la parcela donde se implementará el cultivo, el cual permitirá determinar la cantidad de nutrientes presentes en el suelo y realizar las enmiendas necesarias para obtener los rendimientos deseados (Alarcon *et al.*, 2020).



Figura 19. Análisis de contenido de nitrógeno por el método de colorimetría.

4.1.2. Labores de preparación del terreno

La preparación del terreno es un factor muy importante para obtener buena producción ya que favorece el desarrollo radicular de las plantas, debiendo realizarse una labor de arado de la capa arable entre 30 a 40 cm e incorporar estiércol descompuesto (100 bolsas de 50 kg para una hectárea), las enmiendas necesarias deben realizarse en función al análisis de suelo.

Las actividades de preparación del terreno deben realizarse con un mes de anticipación al trasplante de los plantines de tomate, las actividades previas son:

- El volcado del suelo utilizando un arado, permitiendo la incorporación de abonos verdes, control de plagas por solarización y exposición.
- Incorporación de estiércol descompuesto para favorecer la estructura del suelo.
- Arado profundo entre 30 a 40 cm, para mejorar la penetración del sistema radicular de las plantas de tomate y garantizar un drenaje adecuado.
- Incorporar las enmiendas de fertilizantes químicos como fertilización de fondo, lo que garantiza una adecuada y uniforme distribución de los mismos.



Figura 20. Preparación del terreno con maquinaria agrícola.

La preparación del terreno para la producción de tomate es un factor muy importante para obtener buenos rendimientos, siendo el suelo un factor fundamental para el desarrollo óptimo de la planta, debiendo realizar una labor profunda de arado e incorporar abono químico y natural; que estará en función previo al análisis de suelo (Gorini, 2018).

4.1.3. Fertilización

Para el cultivo de tomate y otros, es fundamental el suministro de 17 elementos minerales esenciales. La decisión de fertilizar depende del balance entre lo que la planta necesita y lo que el suelo puede proporcionar, por lo que un análisis de suelo es crucial para detectar aportes, deficiencias o toxicidades.

Los elementos se clasifican de la siguiente manera:

- Obtenidos del aire y el agua: Carbono (C), hidrógeno (H) y oxígeno (O).
- Macronutrientes primarios: Nitrógeno (N), potasio (K) y calcio (Ca).
- Macronutrientes secundarios: Fósforo (P), magnesio (Mg) y azufre (S).
- Micronutrientes: Zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y níquel (Ni).

Es fundamental cuantificar la extracción de nutrientes que realiza el cultivo, así como comprender las funciones de estos elementos en el desarrollo de la planta, para planificar y diseñar un programa de fertilización eficiente (Guzmán *et al.*, 2017).

Cuadro 8. Requerimiento neto, dosis y época de aplicación de nitrógeno (N) de acuerdo con el rendimiento del cultivo de tomate.

Rendimiento del cultivo de tomate (t ha ⁻¹)	Requerimiento neto de N (kg ha ⁻¹)	Dosis de N (kg ha ⁻¹)	Épocas de aplicación de N
120	312	341	Trasplante establecimiento y desarrollo.
160	416	480	Inicio de floración y cuajado de fruto.
200	520	618	Formación del fruto a inicio de cosecha.
240	624	757	Inicio a fin de cosecha.

Nota. Adaptado de Guzmán *et al.* (2017).

Cuadro 9. Requerimiento neto, dosis y época de aplicación de fósforo (P) de acuerdo con el rendimiento del cultivo de tomate.

Rendimiento del cultivo de tomate (t ha ⁻¹)	Requerimiento neto de P (kg ha ⁻¹)	Dosis de P ₂ O ₅ (kg ha ⁻¹)	Épocas de aplicación de P
120	60	306	Trasplante establecimiento y desarrollo.
160	80	444	Inicio de floración y cuajado de fruto.
200	100	584	Formación del fruto a inicio de cosecha.
240	120	725	Inicio a fin de cosecha.

Nota. Adaptado de Guzmán *et al.* (2017).

Cuadro 10. Requerimiento neto, dosis y época de aplicación de potasio (K) de acuerdo con el rendimiento del cultivo de tomate.

Rendimiento del cultivo de tomate (t ha ⁻¹)	Requerimiento neto de K (kg ha ⁻¹)	Dosis de k ₂ O (kg ha ⁻¹)	Épocas de aplicación de K
120	468	365	Trasplante, establecimiento y desarrollo.
160	624	599	Inicio de floración y cuajado de fruto.
200	780	833	Formación del fruto a inicio de cosecha.
240	936	1067	Inicio a fin de cosecha.

Nota. Adaptado de Guzmán *et al.* (2017).

4.1.3.1. Fertilización de fondo

Se recomienda aplicar en la siembra 80 kg ha⁻¹ de fósforo (P₂O₅) y 120 kg ha⁻¹ de nitrógeno (N). Además, se deben distribuir entre 150 y 200 kg ha⁻¹ de potasio (K₂O) a lo largo del ciclo del cultivo.

La fertilización con fórmula granulada debe colocarse alrededor de la planta y cubrirse con suelo; esta labor también puede realizarse durante el aporque (Rojas y Castillo, 2007).

Cuadro 11. Requerimiento nutricional del cultivo de tomate.

Elemento	Dosis recomendada (kg ha ⁻¹)
Nitrógeno	170
Fosforo	25
Potasio	275
Calcio	150
Magnesio	25
Azufre	22

Nota. Adaptado de Richmond (2010).

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

Como resultado del trabajo del Proyecto Hortalizas (2021-2025), hoy se disponen alternativas tecnológicas para enfrentar los desafíos productivos, como la aplicación de nanofertilizantes que optimizan el rendimiento del tomate de forma específica para cada variedad: en INIAF Renacer, la combinación de fertirriego y fertilización foliar maximiza los resultados con 63,50 t ha⁻¹, 54 frutos por planta y una rentabilidad de 1,52 (relación beneficio-costos); mientras que para Río Grande, la aplicación exclusiva por fertirriego es la más eficaz, logrando 53,55 t ha⁻¹, 31 frutos por planta y una rentabilidad de 1,28. Ambos métodos mejoran la calidad del fruto (tamaño y peso) sin alterar el desarrollo fenológico de las plantas (investigación desarrollada en Pojo, Cochabamba).

El estudio desarrollado en Luribay-La Paz demostró que la aplicación de compost (30 t ha⁻¹) sin humus de lombriz produjo el mayor rendimiento de tomate (75,77 t ha⁻¹). Sin embargo, el análisis de superficie de respuesta indicó que la combinación óptima para maximizar el rendimiento se encuentra en dosis más altas: compost entre 60-87 t ha⁻¹ y humus de lombriz entre 10-25 t ha⁻¹. La aplicación de ambos bioinsumos mejoró significativamente todas las propiedades del suelo evaluadas. Estos resultados sugieren que, aunque dosis bajas de compost

son efectivas, la sinergia de dosis más altas de compost combinado con humus de lombriz puede potencialmente superar ese rendimiento, optimizando además la sanidad del suelo.

Otra investigación desarrollada en Coroico (La Paz), demostró que la inoculación con micorrizas fue la estrategia más efectiva, obteniendo los mejores resultados en peso (149,80 g) y longitud de fruto (78,80 mm), así como el mayor rendimiento total (99,91 t ha⁻¹) y comercial (95,81 t ha⁻¹). Este tratamiento también presentó la mejor tasa de retorno marginal, confirmando su superioridad económica. La aplicación de *Trichoderma spp.* mostró resultados positivos, superando significativamente al testigo. Concluyendo que la inoculación con micorrizas en trasplante e inicio de fructificación es una tecnología clave para mejorar la calidad, productividad y rentabilidad del cultivo de tomate.

4.2. Riego

Tras el trasplante del tomate, se debe aplicar un primer riego para garantizar el establecimiento de los plantines. Posteriormente, la frecuencia de riego debe ajustarse a los requerimientos hídricos del cultivo, los cuales varían según las condiciones climáticas. Se recomiendan riegos más frecuentes en climas cálidos y menos frecuentes en climas templados (Svoboda, 2022).

4.2.1. Riego por surcos



Figura 21. Riego de cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) por surcos, Sipe Sipe.

El riego por surco (tradicional) persiste como práctica de manejo o sistema de riego entre algunos productores de tomate, no obstante, se caracteriza por su baja eficiencia en el uso de recurso hídrico (Chanja *et al.*, 2020).

- Sistema: Riego tradicional.
- Eficiencia: 45-55% de eficiencia de aplicación.
- Disponibilidad hídrica: Solo 45-50% del agua aplicada es aprovechada por el cultivo.
- Pérdida: Entre 50-55% del agua no es aprovechada por las plantas.

4.2.2. Riego por goteo



Figura 22. Riego por goteo en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El riego por goteo representa el sistema de mayor eficiencia en la producción de tomate. Su implementación requiere una inversión inicial que se ve compensada por un significativo incremento en el rendimiento del cultivo (Mossande *et al.*, 2015).

- Sistema: Riego por goteo.
- Eficiencia: 95% de eficiencia de aplicación.
- Disponibilidad hídrica: 95% del agua aplicada es aprovechada por el cultivo.
- Inversión: 27.700 Bs. ha⁻¹ (Kaufmann *et al.*, 2023).
- Ventaja: Incremento del 20-25% en el rendimiento (Daza, 2014).

4.3. Aporque

El aporque es una práctica cultural que consiste en amontonar suelo alrededor de la base de las plantas. Sus principales objetivos son:

- Evitar el acame (volcamiento) de las plantas.
- Estimular la emisión de raíces adventicias.
- Oxigenar el suelo para favorecer el desarrollo radical y de microorganismos benéficos.
- Controlar malezas de forma manual.

En el cultivo de tomate, el primer aporque se realiza a los 25 días después del trasplante (DDT) para promover el desarrollo radical. Un segundo aporque se efectúa a los 60 DDT para reforzar la estabilidad de las plantas. Cabe destacar que esta práctica es característica de los sistemas de cultivo tradicionales; con la adopción de técnicas como la cobertura plástica (acolchado) y los sistemas de riego tecnificado, el aporque deja de ser necesario.

4.4. Poda y tutorado

4.4.1. Poda

La poda en tomate consiste en eliminar los brotes axilares (chupones) para dirigir el desarrollo hacia los tallos principales, mejorando el calibre y la calidad de los frutos (Mas, 2017). Esta práctica se aplica en cultivares de crecimiento indeterminado bajo sistemas como la poda a un tallo o a dos tallos.

En cultivares de crecimiento determinado, que presentan floración apical, la poda de chupones no es habitual (Escobar y Lee, 2009; Escalona *et al.*, 2009). Sin embargo, en estos se

realiza la eliminación de hojas basales, cortándolas desde la base del pecíolo, con los siguientes propósitos:

- Mejorar la entrada de luz y la aireación del cultivo.
- Eliminar fuentes de inóculo de enfermedades.
- Retirar hojas viejas ubicadas bajo el primer racimo, que ya no cumplen funciones fisiológicas.

El material vegetal eliminado debe ser quemado o enterrado para evitar la proliferación de plagas y enfermedades (Gorin, 2018).

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

Como resultado del trabajo del Proyecto Hortalizas (2021-2025), hoy se disponen alternativas tecnológicas para enfrentar desafíos productivos. La investigación desarrollada en Luribay-La Paz demostró que la variedad de tomate INIAF Renacer superó significativamente a la variedad local en altura de planta, número de frutos por planta y rendimiento. La interacción variedad * tipo de poda mostró que la poda de formación de 2 ramas en la variedad INIAF Renacer produjo los frutos de mayor diámetro polar (7,53 cm), mientras que el tratamiento sin poda, alcanzó el máximo rendimiento (89,75 t ha⁻¹). Sin embargo, el alto rendimiento sin poda conlleva un mayor riesgo de plagas y enfermedades, incrementando la dependencia de controles químicos. Se recomienda evaluar el balance entre rendimiento, calidad y sostenibilidad al elegir el sistema de manejo.

4.4.2. Tutorado

El tomate es una planta decumbente incapaz de soportar su propio peso, por lo que requiere un sistema de conducción vertical o tutorado. Esta estructura maximiza la exposición solar y optimiza el uso del espacio en campo abierto como en invernadero (Palomino, 2024). Además, facilita las labores fitosanitarias, mejora la aireación interna del cultivo y reduce la incidencia de enfermedades (Dola y Gheller, 2023).



Figura 23. Tutorado de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en el municipio de Capinota del departamento de Cochabamba.

Principales ventajas del tutorado:

- Mejora la aireación y penetración de luz.
- Facilita las labores de poda y aplicación de fitosanitarios.
- Reduce daños mecánicos en plantas y frutos.
- Optimiza la eficiencia de cosecha.

- Mantiene el estado fitosanitario del cultivo.
- Incrementa el rendimiento y calidad comercial de los frutos.

4.4.2.1. Tutorado en espaldera

El tutorado en espaldera es una técnica de conducción vertical fundamental en el cultivo de tomate, orientada a maximizar la eficiencia productiva y fitosanitaria mediante estructuras de soporte que guían el desarrollo de las plantas (García, 2022).

Para su implementación se utiliza alambre galvanizado o hilo de tutorado, sujeto entre postes anclados en los extremos del surco. Según el cultivar y su arquitectura vegetativa, se instalan de 3 a 5 líneas de soporte que previenen el contacto de los órganos vegetales con el suelo (Allende *et al.*, 2017).

- Función principal: Brindar soporte físico a plantas decumbentes.
- Ventaja fitosanitaria: Reduce el contacto de frutos y follaje con el suelo.
- Beneficio agronómico: Facilita labores de poda, aplicación de fitosanitarios y cosecha.
- Impacto productivo: Mejora la exposición lumínica y la aireación, incrementando rendimiento y calidad comercial del fruto.

4.4.2.2. Amarrado

El amarrado de plantas de tomate se ejecuta según los requerimientos de desarrollo del cultivo. Esta labor consiste en fijar el tallo al tutor a intervalos de 30 cm, previniendo efectivamente el acame de las plantas (Rojas y Castillo, 2007).

4.5. Control de malezas

El control de malezas en el cultivo de tomate es una práctica de manejo esencial. Las malezas compiten por nutrientes, agua y luz, y actúan como hospederas de plagas y enfermedades. Aquellas que emergen en los camellones generalmente no prosperan debido al sombreado ejercido por el follaje del tomate; no obstante, requieren control manual ocasional. En contraste, el control en pasillos debe ser permanente, mediante métodos mecánicos, manuales o químicos (Flores, 2024). Para el control químico se puede emplear sethoxydim i.a. en dosis de 2 L ha⁻¹.

4.6. Manejo fitosanitario de plagas

4.6.1. Plagas insectiles

El tomate es una especie muy sensible al ataque de insectos plaga, la incidencia y severidad del ataque depende del tipo de insecto, las condiciones del clima, suelo y principalmente de la susceptibilidad del cultivar utilizado (García, 2021).

Polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick)



Figura 24. Polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick), macho adulto y larvas.

Tuta absoluta Meyrick es una plaga polífaga y prolífica que afecta todo el ciclo del cultivo de tomate en sistemas abiertos y protegidos (Atencio *et al.*, 2025). Considerada la plaga de mayor importancia económica en este cultivo, sus larvas generan daños foliares mediante la formación de minas o galerías características. No obstante, los impactos económicos más significativos ocurren en frutos de diversos estados fenológicos, donde las perforaciones y galerías internas causan depreciación comercial irreversible (Roig, 2024).

El umbral de daño económico se determina mediante:

- Densidad larval: 7-10 larvas por planta (Luna *et al.*, 2020).
- Daño foliar: 2 folíolos con daño reciente por planta.
- Sistema combinado: 10-15 machos capturados por trampa diaria con feromonas más 10% de folíolos dañados (Godoy *et al.*, 2018).

Cuadro 12. Control químico y ecológico de la polilla del tomate (*Tuta absoluta* Meyrick).

Plaga	Control químico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Polilla del tomate	Clorfenapir	Sunfire	100 mL ha ⁻¹	Riego. Volcado del suelo de la parcela.
	Indoxacarb	Exirel	300 a 350 mL ha ⁻¹	Poda.
	Spinosad	Tracer	30 a 40 mL ha ⁻¹	Eliminación de rastrojos del cultivo anterior.
	Cartap	Spartaco 500 PS	0,8 a 1,2 mL ha ⁻¹	Eliminación de plantas hospederas. Uso de trampas.

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Avances en innovación tecnológica del INIAF:

Como resultado del trabajo del Proyecto Hortalizas (2021-2025), hoy se disponen alternativas tecnológicas para enfrentar desafíos productivos, como la aplicación combinada de una pomada repelente cada 10 días y un biocida (0,5-2 L/mochila de 20 L) cada 15 días, efectiva para el control preventivo de *Tuta absoluta* durante los primeros 60 días después del trasplante en tomate. Esta estrategia reduce el uso de agroquímicos en etapas tempranas, aunque requiere

complementarse con aplicaciones químicas desde prefloración hasta fructificación para mantener su eficacia a lo largo del ciclo del cultivo (investigación desarrollada en Mairana, Santa Cruz).

Mosca blanca (*Bemisia tabaci*)



Figura 25. Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*) en hojas de tomate.

Bemisia tabaci constituye una de las principales plagas en el cultivo de tomate a campo abierto e invernadero. Los daños directos son causados por ninfas y adultos al alimentarse de la savia foliar, provocando amarillamiento y debilitamiento de las plantas. Adicionalmente, actúa como vector de virus y fitoplasmas (Luna *et al.*, 2020).

El umbral de daño económico se establece en:

- 8 ninfas por folíolo o 10 adultos por hoja.

Cuadro 13. Control químico y ecológico de la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Plaga	Control químico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Mosca Blanca	Alpha-Cypermethrin+Profenofos	Cipertox alfa 10 CE	100 a 200 mL ha ⁻¹	Volcado del suelo de la parcela. Poda. Eliminación de rastrojos cultivo anterior.
	Thiamethoxam	Intertoxam 25 WG	200 g ha ⁻¹	Eliminación de plantas hospederas. Uso de trampas.

Pulgón (*Aphis gossypii* Sulzer)**Figura 26.** Pulgón (*Aphis gossypii* Sulzer).

Aphis gossypii S. es la especie de áfido predominante en el cultivo de tomate a campo abierto e invernadero. Este insecto forma colonias que se alimentan mediante succión de savia en los tejidos jóvenes de la planta. Su dispersión ocurre en focos que se expanden principalmente durante primavera y otoño a través de hembras aladas. Los daños se manifiestan como deformaciones y abolladuras en las hojas de la zona apical (Peláez *et al.*, 2017).

No se han establecido umbrales de daño económico para esta plaga, por lo que el control debe iniciarse inmediatamente al detectar su presencia (Gonzales, 2023).

Cuadro 14. Control químico y ecológico del pulgón (*Aphis gossypii* Sulzer).

Plaga	Control químico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Pulgón	Carbosulfan	Demoledor	1,5 a 2 L ha ⁻¹	Riego. Poda.
	Imidacloprid	Imidan 70 WG	1,5 kg ha ⁻¹	Eliminación de rastrojos del cultivo anterior. Eliminación de plantas hospederas.
	Imidacloprid+Deltamethrin	Deltaprid	100 a 200 mL ha ⁻¹	Uso de trampas. Uso de depredadores.

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Trips (*Frankliniella occidentalis*)

Figura 27. Daño en frutos de tomate por Trips (*Frankliniella occidentalis*). Adaptado de Ramos W. (2023).

Frankliniella occidentalis causa daños directos e indirectos en el cultivo de tomate. Los daños directos son provocados por larvas y adultos al alimentarse del contenido celular, principalmente en el envés de las hojas, produciendo manchas plateadas que evolucionan a necrosis tisular. El daño indirecto, de mayor impacto económico, corresponde a su capacidad de transmitir el virus del bronceado del tomate (TSWV) (De Borbón *et al.*, 2021). El umbral de intervención se establece en 20 trips por planta (Godoy *et al.*, 2018).

Cuadro 15. Control químico y ecológico del trips (*Frankliniella occidentalis*).

Plaga	Control biológico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Trips	Fipronil	Fipro 20 SC	300 a 400 mL ha ⁻¹	Riego. Poda. Eliminación de rastrojos del cultivo anterior. Eliminación de plantas hospederas. Uso de trampas.
		Megagen	40 a 60 g ha ⁻¹	
	Thiamethoxam+lambda-cyhalothrin	Red Tauro	200 mL ha ⁻¹	

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

4.6.2. Nematodos



Figura 28. Nematodos en raíces de tomate.

La patogenicidad de nematodos en el cultivo de tomate está influenciada por factores climáticos, manejo agronómico, régimen hídrico y propiedades edáficas. Los géneros de importancia económica incluyen *Meloidogyne sp.*, *Pratylenchus sp.*, *Tylenchorhynchus spp.* y *Helicotylenchus sp.* (Salazar y Guzmán, 2013).

Los síntomas en la parte aérea se manifiestan como:

- Enanismo y clorosis foliar.
- Marchitamiento crónico.
- Reducción significativa de la producción.

En el sistema radicular se observa:

- Formación de agallas características (*Meloidogyne spp.*).
- Lesiones necróticas (*Pratylenchus spp.*).
- Las pérdidas de rendimiento pueden alcanzar un 68% bajo infestaciones severas (Salazar y Guzmán, 2013; Quiroga *et al.*, 2007).

4.6.3. Plagas fúngicas

Las enfermedades más comunes del cultivo de tomate son:

Tizón temprano (*Alternaria solani*)



Figura 29. Tizón temprano (*Alternaria solani*) en hojas de tomate.

Alternaria solani es un hongo patógeno de importancia económica en el cultivo de tomate, caracterizado por causar daños severos en todos los órganos de la planta y generar pérdidas sustanciales de rendimiento (Paz *et al.*, 2013).

Sintomatología: Lesiones necróticas con anillos concéntricos en hojas, tallos, peciolo y frutos.

Progresión: Manchas circulares iniciales que evolucionan a lesiones elongadas de color negro.

Daño en frutos: Cicatrices deprimidas de color pardo oscuro con esporulación visible.

Impacto económico: Pérdidas de rendimiento entre 50-80% en condiciones favorables.

Cuadro 16. Control químico y ecológico de Tizón temprano (*Alternaria solani*).

Enfermedad	Control químico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Tizón temprano	Cymoxanil+mancozeb+cooper oxchloride	Triomax 45 wp	2 a 2,5 kg ha ⁻¹	Buena preparación de la parcela.
	Dimethomorph+mancozeb	Acrobat MZ	0,75 a 1 kg ha ⁻¹	Eliminación de rastrojos en el cultivo anterior.
	Dimet homorph+azoxystrobin	Azoxyn-D	0,3 a 0,4 kg ha ⁻¹	Eliminación de plantas hospederas. Uso de pesticidas naturales.

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Tizón tardío (*Phytophthora infestans*)



Figura 30. Tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en fruto de tomate.

Phytophthora infestans se dispersa a larga distancia mediante esporas transportadas por viento y lluvia. El desarrollo de la enfermedad se ve favorecido por condiciones de alta humedad y bajas temperaturas, mientras que el riego por aspersión incrementa su incidencia y severidad (Álvarez *et al.*, 2024).

La sintomatología incluye:

- Doblamiento acropétalo de pecíolos en hojas afectadas.
- Lesiones acuosas de color verde oliva a pardo en órganos vegetativos.
- Necrosis progresiva que conduce a la muerte de la planta.
- Lesiones grasientas y deprimidas en frutos.

Las pérdidas de rendimiento en tomate oscilan entre 40-70% (Cardona *et al.*, 2016).

Cuadro 17. Control químico y ecológico de Tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

Enfermedad	Control químico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Tizón tardío	Mancozeb	Unizeb	400 a 600 mg ha ⁻¹	Buena preparación de la parcela. Eliminación de rastrojos en el cultivo anterior. Eliminación de plantas hospederas. Uso de pesticidas naturales.
	Chlorothalonil	Cleaner 72% SC	2,2 a 2,5 kg ha ⁻¹	
	Dimetomorph+Ametoctradin	Zampro	1 a 1,2 L ha ⁻¹	

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Viruela del tomate (*Septoria lycopersici*)

Septoria lycopersici manifiesta su sintomatología característica mediante manchas foliares circulares de color oscuro con centros necróticos claros. El desarrollo patogénico se optimiza bajo condiciones de alta humedad y temperaturas entre 20-25°C.

Las pérdidas de rendimiento en tomate atribuibles a esta enfermedad superan el 50% (Ávila *et al.*, 2020).

Cuadro 18. Control químico y ecológico de la viruela del tomate (*Septoria lycopersici*).

Enfermedad	Control químico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Viruela del tomate	Mancozeb	Impala	2 a 3 kg ha ⁻¹	Buena preparación de la parcela. Eliminación de rastrojos cultivo anterior. Eliminación de plantas hospederas.
	Azufre	Microthiol	800 a 1000 mg ha ⁻¹	
	Chlorothalonil	Odesa	1,5 a 2 L ha ⁻¹	

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Oídio, Ceniza u Oidiopsis (*Leveillula taurica*)

Leveillula taurica se manifiesta inicialmente como manchas cloróticas en el haz foliar que progresan hacia necrosis central con efusión de conidios de aspecto pulverulento en el envés. En ataques severos causa desecación y abscisión foliar, conduciendo a defoliación avanzada (Vera, 2021).

En solanáceas, las pérdidas de rendimiento por oídio oscilan entre 10-15% (Pérez, 2021).

Cuadro 19. Control químico y ecológico del oídio (*Leveillula taurica*).

Enfermedad	Control químico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Oídio	Carbendazim	Cibendazim 50 SC	0,5 a 0,6 L ha ⁻¹	Buena preparación de la parcela.
	Pyraclostrobin	Comet	0,30 a 0,35 L ha ⁻¹	Eliminación de rastrojos cultivo anterior.
	Azoxystrobin+Flutriafol	Nanok	500 a 600 mL ha ⁻¹	Eliminación de plantas hospederas.

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Fusarium (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*)



Figura 31. *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate.

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici* constituye una de las enfermedades más destructivas del cultivo de tomate (Vásquez y Castaño, 2017). Su manifestación sintomática inicia durante la floración o fructificación temprana, caracterizándose por:

- Amarillamiento basipétalo de hojas inferiores.
- Marchitamiento irreversible con permanencia de hojas adheridas al tallo.
- Necrosis vascular en cortes transversales del tallo.

Las pérdidas de rendimiento atribuibles a este patógeno superan el 60% (Carmona *et al.*, 2020).

Cuadro 20. Control químico y ecológico del Fusarium (*Fusarium oxysporum*).

Enfermedad	Control químico			Control ecológico
	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis	
Fusarium	Fipronil+Thiophanate methyl+Pyraclostrobin	Acronis Top	0,8 a 1 L ha ⁻¹	Buena preparación de la parcela.
	Thiram+Carbendazim	Curaseed	200 a .300 mL ha ⁻¹	Eliminación de rastrojos cultivo anterior.
	Kresoxim-methyl	Terabit	250 mL 100 kg ⁻¹ de semilla	Eliminación de plantas hospederas. Uso de pesticidas naturales.

Nota. Datos obtenidos del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria [SENASAG], 2023.

Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*)



Figura 32. Marchitez bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) en cultivo de tomate.

Ralstonia solanacearum es una enfermedad bacteriana altamente destructiva que afecta al cultivo de tomate, caracterizada por causar marchitez irreversible y pérdidas totales en rendimiento (Melgar *et al.*, 2012).

Síntoma principal: Marchitez súbita e irreversible de hojas y tallos jóvenes.

Signos característicos:

- Hojas flácidas y enrollamiento hacia el haz.
- Pérdida de turgencia y brillo foliar.
- Recuperación nocturna transitoria.

Manejo: Sin control químico efectivo (antibióticos ineficaces).

Pérdidas: Hasta el 100% del cultivo.

Virus



Figura 33. Síntomas de virus en hojas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Los virus en el cultivo de tomate se transmiten principalmente por semillas (con latencia de hasta 9 años) y áfidos (Álvarez *et al.*, 2012). Los síntomas característicos incluyen:

- Plantas raquíticas y de bajo vigor.
- Ramificaciones axilares anormales.
- Hojas rugosas con moteados cloróticos.
- Nervaduras cloróticas o púrpuras (Blancard, 2011).

Los principales virus corresponden a Potyvirus, como:

- Virus del mosaico del tomate (ToMV): Altamente infeccioso, con persistencia en tejidos muertos (Ortiz y Ramírez, 2019).
- Virus del bronceado del tomate (TSWV).

No existen tratamientos curativos, por lo que el manejo se basa en:

- Desinfección de semillas.
- Control de insectos vectores.
- Uso de variedades resistentes.
- Eliminación de plantas sintomáticas (Janssen, 2019).

4.6.4. Desórdenes fisiológicos y nutricionales

Los desórdenes fisiológicos, causan anomalías a diferentes estructuras de la planta de tomate, debido principalmente a condiciones climáticas adversas o por deficiencias nutricionales (Jaramillo *et al.*, 2013).



Figura 34. Deficiencia de calcio en fruto de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Pudrición apical o deficiencia de calcio

El calcio cumple funciones esenciales en el metabolismo vegetal del tomate. Aunque suele estar presente en el suelo, su absorción radicular se ve limitada por riegos irregulares, periodos de sequía breve y excesos hídricos, lo que deriva en pudrición apical (Zamora, 2016).

Los síntomas incluyen:

- Manchas cafés en el ápice de frutos verdes o maduros.
- Lesiones acuosas que evolucionan a áreas necróticas blandas.
- Formación final de costras duras.

El control preventivo se realiza mediante:

- Aplicación foliar de nitrato de calcio ($0,60 \text{ meq L}^{-1}$).
- Uso de ácido abscísico (500 mg L^{-1}).
- Ambas aplicaciones durante el cuajado (López, 2015).

Rajadura de frutos



Figura 35. Rajaduras en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Este desorden fisiológico afecta frutos de tomate en todos sus estados de desarrollo. Su aparición se asocia a:

- Riegos irregulares.
- Amplia amplitud térmica día-noche.
- Poda excesiva.
- Deficiencias de potasio, calcio y magnesio.

El manejo preventivo incluye:

- Programación uniforme de riegos.
- Evitar podas severas (Zamora, 2016).

Maduración manchada o *Whiphala*



Figura 36. Maduración manchada o Whiphala en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

Este desorden fisiológico se manifiesta mediante la pérdida irregular de coloración durante la maduración del fruto (Jaramillo *et al.*, 2007). Las áreas afectadas presentan:

- Desarrollo no uniforme de pigmentación.
- Tejidos duros y ausencia de maduración.

- Expansión potencial a toda la superficie del fruto.

Se atribuye principalmente a deficiencia de potasio. Para su prevención se recomienda:

- Aplicación de 250 kg ha⁻¹ de K₂O como fertilización base (Jaramillo *et al.*, 2013; Jiménez y García, 2018).

Caída de flores



Figura 37. Aborto floral en tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

La caída floral en tomate es un problema fisiológico causado por condiciones ambientales y nutricionales desfavorables que afectan la polinización (Jaramillo *et al.*, 2013).

Causas:

- Humedad relativa inferior al 60% o superior al 80%.
- Vientos fuertes.
- Exceso de nitrógeno.
- Deficiencia de boro.

Consecuencia: Caída de flores y reducción del rendimiento.

4.7. Cosecha

La madurez de cosecha del fruto de tomate se determina por su estructura interna, donde las semillas deben estar completamente desarrolladas y resistir el corte al seccionar el fruto. El estado verde maduro se identifica cuando el fruto alcanza su máximo desarrollo fisiológico, presentando coloración verde brillante con tonalidad cremosa o blanquecina en el ápice (Castro *et al.*, 2020).

El momento de cosecha depende del intervalo entre recolección y comercialización. Según este período, los frutos se cosechan en los siguientes estados de madurez:

- Verde maduro: Ligera aparición de coloración amarillo-rosácea.
- Pintón: 50% de la superficie con coloración rosada.
- Pintón avanzado: Coloración roja o rosada completa.
- Rojo maduro: Color rojo intenso uniforme.

La cosecha debe iniciarse cuando el 30% de los frutos presenten estado pintón (inicio de maduración), evitando daños mecánicos que deprecien su valor comercial. La recolección se realiza en envases plásticos, seguida de la disposición de frutos sobre lonas sombreadas para su clasificación por calibre.

La madurez del fruto para cosecha se define en términos de la estructura interna del fruto, las semillas están completamente desarrolladas y no se cortan al rebanar el fruto. El estado verde maduro es cuando el fruto ha logrado su máximo desarrollo y tiene un color verde brillante, ligeramente cremoso o blanquecino en la región apical (Suazo *et al.*, 2023).

4.7.1. Recolección

La recolección se realiza manualmente con una frecuencia de 2-3 días, determinada por la temperatura ambiental y la tasa de maduración de los frutos. Adicionalmente, se emplea cosecha mecanizada en variedades destinadas a procesamiento industrial.



Figura 38. Recolección de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

El fruto puede cosecharse con cáliz y base peduncular, aunque comúnmente se separa dejando el cáliz en la planta. Esta práctica genera una lesión superficial que cicatriza rápidamente, previniendo daños por pedúnculos durante el empaque. El número de cosechas por ciclo oscila entre 6-7, dependiendo del cultivar y su hábito de crecimiento (determinado o indeterminado) (Alvarez *et al.*, 2018).

4.7.2. Clasificación

La clasificación de frutos se realiza:

- Según los diferentes tamaños (Huete y Laguna, 2020).
- Según las características de calidad.
- Según el color de la piel o cáscara.

Debe realizarse la clasificación de los frutos según el tamaño de fruto, exigencia del mercado y características propias de la variedad de tomate cultivado.



Figura 39. Clasificación de frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.).

La clasificación de los frutos de tomate de acuerdo a su tamaño se realiza de acuerdo a:

- Tamaño chico, menos de 4 cm en su diámetro transversal mayor.
- Tamaño mediano, entre 4 a 7 cm en su diámetro transversal mayor.
- Tamaño grande, más de 7 cm en su diámetro transversal mayor.

La calidad de la fruta del tomate depende de:

- Tamaño y uniformidad en madurez del fruto.
- Firmeza de los frutos. Puede ser consistente, esponjosa o flácida.
- Limpieza. Los frutos deben estar libres de polvo, tierra o residuos de pesticidas.
- Forma de los frutos. Las hendiduras o deformaciones influyen en la calidad.
- Sanidad. Libre de plagas y enfermedades, dañados por factores climáticos como heladas o excesiva exposición al sol.

4.7.3. Empaque

El empaque de frutos de tomate se realiza para la venta al mercado de consumo en fresco, sea local o mercado nacional. Se emplean cajas de madera o plástico. Los frutos se empacan en forma de hileras. Entre capas se recomienda colocar un separador de papel para un manejo adecuado (Bernal y Martínez, 2019).

4.5.8. Mercado

La producción nacional de tomate está destinada en su totalidad para satisfacer la demanda de esta fruta en los mercados de las ciudades capitales de los 9 departamentos y capitales de provincias.

5. MERCADEO AGRÍCOLA DE TOMATE

En Bolivia, el consumo per cápita de tomate se encuentra entre 6,5 y 8,5 kilogramos por persona al año. Durante el periodo 2023-2024, la producción nacional alcanzó 15.764 toneladas, frente a una demanda estimada de 12.922 a 16.363 toneladas (INE, 2024). En cuanto a las preferencias de consumo, el 53% de la población opta por tomates redondos, el 33% por perita y un porcentaje menor por variedades cherry; además, un 36% lo consume diariamente. No obstante, la comercialización se realiza en gran medida a través de canales informales, lo que limita los ingresos de los productores y genera inestabilidad en el mercado (Macías, 2021).

A pesar de la producción nacional, Bolivia continúa importando este producto. Entre enero y marzo de 2024 se adquirieron 442,6 toneladas de tomate, por un valor de 788.777 dólares, siendo Perú el principal proveedor. Estas importaciones han mostrado una marcada reducción respecto a 2019; sin embargo, Perú y Brasil se mantienen como los principales países abastecedores (IBCE, 2024).

En lo referente a precios, el tomate perita registró un promedio de 3,07 bolivianos/kg en 2019, descendió a 2,4 en 2023 y posteriormente se disparó hasta 10,32 en junio de 2024. Este incremento se asocia principalmente a factores climáticos adversos, como sequías y heladas, así como al encarecimiento de insumos agrícolas importados, entre ellos semillas y fertilizantes, lo que refuerza la vulnerabilidad del sector frente a condiciones externas (IBCE, 2024).

GLOSARIO

A

Aborto floral: Fenómeno por el cual las flores no se desarrollan completamente y se caen de la planta antes de la fecundación, a menudo causado por estrés térmico (temperaturas superiores a 30°C).

Acame: Volcamiento o tumbado de las plantas sobre el suelo, generalmente por falta de soporte, viento o peso de los frutos. Se previene con el tutorado y el aporque.

Acolchado (o mulch): Práctica de cubrir el suelo alrededor de las plantas con un material (como plástico) para conservar la humedad, controlar malezas y moderar la temperatura del suelo.

Amarrado: Labor que consiste en fijar el tallo de la planta de tomate a la estructura de tutorado a intervalos regulares para guiar su crecimiento vertical y prevenir el acame.

Anual (Planta): Planta que completa su ciclo de vida (germinación, crecimiento, floración, producción de semilla y muerte) en un solo año o temporada.

Aporque: Práctica cultural que consiste en amontonar tierra alrededor de la base de la planta para estimular la emisión de raíces adventicias, evitar el acame y oxigenar el suelo.

B

β -caroteno: Compuesto bioactivo (provitamina A) presente en el tomate, con propiedades antioxidantes.

C

Capacidad de campo: Contenido de humedad óptimo que retiene el suelo después de que el exceso de agua ha drenado. Es el estado ideal para el riego y el trasplante.

Ciclo del cultivo: Período de tiempo desde la siembra o el trasplante hasta la finalización de la cosecha. Varía según la variedad (ej: 80-130 días).

Control biológico: Método de manejo de plagas y enfermedades que utiliza organismos vivos benéficos (como *Trichoderma* spp. o *Lecanicillium lecanii*) para combatir patógenos.

Cuajado de fruto: Proceso exitoso posterior a la polinización en el que el ovario de la flor se transforma y comienza a desarrollarse para formar el fruto.

D

Damping off (Mal de almaciguera): Enfermedad fúngica (causada por *Phytophthora*, *Fusarium*, *Pythium*, *Rhizoctonia*) que afecta a las plántulas en el semillero, causando amarillamiento, marchitez, necrosamiento del cuello y muerte.

DDT (días después del trasplante): Unidad de medida del tiempo transcurrido desde que la plántula se establece en el campo definitivo.

DDS (días después de la siembra): Unidad de medida del tiempo transcurrido desde que la semilla es colocada en el almácigo.

Determinado (Hábito de crecimiento): Tipo de planta de tomate cuyo crecimiento terminal se detiene al formarse una inflorescencia en el ápice. Son de crecimiento compacto, semi-erecto y limitado.

Desinfección (de sustrato): Proceso para eliminar patógenos del suelo o sustrato antes de la siembra. Métodos incluyen solarización, vapor de agua, control biológico o desinfección química.

E

Enmiendas: Aplicación de materiales (como cal, yeso o materia orgánica) al suelo para corregir sus propiedades químicas (pH, nutrientes) o físicas.

Espaldera: Sistema de tutorado donde se utilizan postes y alambres o hilos dispuestos en horizontal a diferentes alturas para sostener y guiar las plantas verticalmente.

Etiolación (Ahilamiento): Crecimiento anormalmente alargado, débil y pálido de las plántulas debido a la falta de luz suficiente.

F

Fertilización de fondo: Aplicación de fertilizantes (especialmente fósforo y parte del nitrógeno y potasio) que se incorpora al suelo durante la preparación del terreno, antes del trasplante.

Flavonoides: Compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes presentes en el tomate.

Fotoperiodo: Longitud relativa del día y la noche que influye en procesos fisiológicos de las plantas. El tomate es indiferente al fotoperiodo.

G

Germinación: Proceso por el cual una semilla se desarrolla para dar lugar a una nueva planta. La óptima para el tomate ocurre entre 25-30°C.

H

Hábito de crecimiento: Patrón de desarrollo de la planta de tomate, clasificado principalmente en determinado, semi-determinado o indeterminado.

Hermafrodita (Flor): Flor que posee tanto los órganos reproductivos masculinos (estambres) como femeninos (pistilo) en la misma estructura. Es característica del tomate.

Híbrida (Variedad): Variedad resultante del cruzamiento controlado de dos parentales genéticamente diferentes para explotar el vigor híbrido, obteniendo plantas con mayor rendimiento, uniformidad y/o resistencia. Su semilla es de mayor costo.

I

Indeterminado (Hábito de crecimiento): Tipo de planta de tomate cuyo crecimiento terminal es vegetativo, no tiene límite definido y es extensivo, postrado y desordenado si no se tutora.

INIAF (Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal): Institución boliviana responsable de la investigación, innovación y registro de variedades vegetales, como las de tomate mencionadas (INIAF Renacer, ISA-23).

L

Licopeno: Carotenoide responsable del color rojo del tomate, reconocido como un potente antioxidante asociado a la prevención de enfermedades cardiovasculares y cáncer.

Luminosidad: Cantidad de horas de luz solar que recibe la planta. El tomate requiere buena iluminación (8-16 horas/día) para un desarrollo óptimo.

M

Macronutrientes: Elementos esenciales que las plantas requieren en grandes cantidades.
Primarios: Nitrógeno (N), Fósforo (P), Potasio (K). Secundarios: Calcio (Ca), Magnesio (Mg), Azufre (S).

Madurez de cosecha: Punto óptimo para recolectar los frutos, determinado por su desarrollo interno (semillas formadas) y externo (cambio de color: verde maduro, pintón, rojo maduro).

Micronutrientes: Elementos esenciales que las plantas requieren en pequeñas cantidades, como zinc (Zn), manganeso (Mn), cobre (Cu), hierro (Fe), boro (B), molibdeno (Mo), cloro (Cl) y níquel (Ni).

P

pH del suelo: Medida de acidez o alcalinidad del suelo. El rango óptimo para el cultivo de tomate es entre 6,0 y 6,5.

Plántula: Planta joven que se desarrolla a partir de una semilla germinada, desde que emerge hasta que se trasplanta.

Platabanda: Sistema de producción de plantines (almácigo) que consiste en preparar camas o surcos elevados de sustrato desinfectado donde se siembran las semillas.

Polinización abierta (Variedades): Variedades que se reproducen por polinización natural (por insectos, viento, etc.) y cuyas semillas producen plantas con características similares a la planta madre. Ej: Rio Fuego, Santa Clara.

Poda: Labor que consiste en eliminar brotes axilares (chupones) en variedades indeterminadas y hojas basales viejas para mejorar la aireación, entrada de luz y dirigir la energía de la planta hacia la producción de frutos.

Pudrición apical: Desorden fisiológico causado principalmente por una deficiencia de calcio en el fruto, debido a riegos irregulares. Se manifiesta como una mancha necrótica y deprimida en el ápice del fruto.

R

Raíz pivotante: Raíz principal larga y gruesa que crece verticalmente hacia abajo. En el tomate, se daña durante el trasplante, promoviendo el desarrollo de raíces secundarias y adventicias.

Rendimiento: Cantidad de fruto producido por unidad de superficie, generalmente expresado en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$). Varía ampliamente según la variedad y el manejo.

Riego por goteo: Sistema de riego de alta eficiencia (95%) que aplica agua directamente a la zona radical de las plantas mediante emisores, favoreciendo el ahorro de agua y el incremento del rendimiento.

Riego por surcos: Sistema de riego tradicional de baja eficiencia (45-55%) donde el agua corre por canales entre los surcos de plantas.

S

SENASAG (Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria): Organismo encargado de la regulación y registro de pesticidas y plaguicidas en Bolivia. Proporciona las recomendaciones para el control químico.

Solarización: Método de desinfección del suelo que consiste en cubrirlo con plástico transparente para capturar el calor solar y elevar la temperatura, eliminando patógenos, semillas de malezas y plagas.

Solanáceas (Solanaceae): Familia botánica a la que pertenece el tomate, junto con la papa, el pimiento, la berenjena y el tabaco.

Sustrato: Mezcla de materiales (tierra, materia orgánica, cascarilla, etc.) con propiedades físicas y químicas adecuadas para el desarrollo de las plántulas en almácigos o bandejas.

T

Tutorado: Práctica de colocar soportes (postes, hilos, mallas) para guiar el crecimiento vertical de las plantas de tomate, mejorar la aireación, facilitar las labores y evitar que los frutos toquen el suelo.

Trasplante: Operación de mover la plántula desde el almácigo (bandeja o platabanda) a su ubicación definitiva en el campo.

U

Umbral de daño económico: Nivel de población de una plaga o grado de intensidad de una enfermedad a partir del cual el costo del daño que causará justifica económicamente la aplicación de una medida de control.

V

Variedad: Grupo de plantas dentro de una especie que comparten características morfológicas y fisiológicas específicas que se mantienen al reproducirse. Pueden ser de polinización abierta o híbridas.

Vigor híbrido (Heterosis): Fenómeno por el cual los híbridos de primera generación (F1) muestran un rendimiento, tamaño, vitalidad o resistencia superior al de sus parentales.

Viabilidad (de semilla): Capacidad de una semilla para germinar. La viabilidad de la semilla de tomate se mantiene por 3-5 años bajo condiciones adecuadas de almacenamiento (5°C, 12% humedad).

BIBLIOGRAFÍA

- Abuslin, S., y Vaca, G. (2017). *Control del nematodo nodulador de la raíz Meloidogyne incognita en el cultivo de tomate utilizando los hongos Pochonia chlamydosporia, Paecilomyces lilacinus, el extracto botánico Tagetes patula y el nematicida oxamil* (Doctoral dissertation, Zamorano, Escuela Agrícola Panamericano, 2017.). <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6022/1/CPA-2017-001.pdf>
- Alarcon, J., Recharte, D. C., Yanqui, F., Moreno, S., y Buendía Molina, M. (2020). Fertilizar con microorganismos eficientes autóctonos tiene efecto positivo en la fenología, biomasa y producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill). *Scientia Agropecuaria*, 11(1), 67-73. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172020000100067&script=sci_abstract
- Allende, M., Salinas, L., y Torres, A. (2017). *Manual de cultivo del tomate bajo invernadero*. https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/20.500.13082/29478/1/INIA_Libro_0048.pdf
- Álvarez, A., Marín M., y Jaramillo, M. (2012). *Características de los virus asociados a la virosis del tomate de árbol (Solanum betaceum) en Colombia*.
- Alvarez, V., Espinoza, A., y Coba, C. (2018). Evaluación de tres métodos de monitoreo de *Trialeurodes vaporariorum* en el cultivo de tomate riñón *Lycopersicon esculentum* en Tunshi, Chimborazo, Ecuador. *COMITÉ EDITORIAL*, 371. https://www.researchgate.net/profile/Cristian-Patino-Vidal/publication/330673953_formulacion_y_evaluacion_de_proyectos_para_el_manejo_sostenible_de_recursos_naturales_por_marco_logico_analisis_de_la_metodologiaat_riobamba-ecuador/links/5c4e94cf92851c22a395daf1/formulacion-y-evaluacion-de-proyectos-para-el-manejo-sostenible-de-recursos-naturales-por-marco-logico-analisis-de-la-metodologiaat-riobamba-Ecuador.pdf#page=371
- Álvarez, P., Román, D. A., Mantilla, C. E., Lindao, V., Hinojosa, L., Castillo, G., y Ferreira, A. (2024). Uso de fosfito de potasio, rotación de fungicidas, agua ozonizada y dióxido de cloro para el control del tizón tardío (*Phytophthora infestans*) en cultivos de tomate (*Solanum lycopersicum*). *Idesia (Arica)*, 42(1), 63-70. https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-34292024000100063&script=sci_arttext
- Atencio, R., Aguilera, V., Herrera, J., Vásquez, A., y Valderrama, Y. (2025). Artrópodos plagas y benéficos en campos de tomate en fructificación en los santos, panamá. *Ciencia Agropecuaria*, (41), 180-196. <http://200.46.165.126/index.php/ciencia-agropecuaria/article/view/684>
- Ávila, R., Lourenco, V., Quezado, M., Becker, F., Tarazi, F., Borges, y Nascimento, A. (2020). *Field validation of TOMCAST modified to manage Septoria leaf spot on tomato in the central-west region of Brazil*. (Diciembre de 2020). (138)., Crop Protection., <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105333>.
- Beed, F., Taguchi, M., Telemans, B., Kahane, R., Le Bellec, F., Sourisseau, J. M., y Ramsay, G. (2021). *Frutas y hortalizas. Oportunidades y desafíos para la agricultura sostenible a pequeña escala* (pp. 212-p). FAO; CIRAD. <https://hal.science/hal-05177556/>
- Bernal, J. A., y Martínez, H. (2019). Producción, empaque y supervisión de calidad en tomate bajo invernadero en la empresa Almerimex. <https://www.sidalc.net/search/Record/oai:https://repositorio.uaaan.mx:123456789-46789/Description>
- Blancard, D. y Laterrot H., Marchoux G., y Candresse T., (2011). *Enfermedades del tomate*. Mundi-Prensa Libros. [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=3tSzHjXHHJ4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Blancard,+D.+y+Laterrot+H.,+Marchoux+G.,+Candresse+T.,+\(2011\).+Enfermedades+del+tomate](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=3tSzHjXHHJ4C&oi=fnd&pg=PP1&dq=Blancard,+D.+y+Laterrot+H.,+Marchoux+G.,+Candresse+T.,+(2011).+Enfermedades+del+tomate)
- www.iniaf.gob.bo

omate.+Mundi-

Prensa+Libros.&ots=Vjx'TNUI4pn&sig=8Nyq1F_izhWEwOxHiYE5TyskmHU

- Burbano, E., y Vallejo, C. (2017). Producción de líneas de tomate “chonto”, *Solanum lycopersicum* Mill., con expresión del gen *sp* responsable del crecimiento determinado. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 11(1), 63-71. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S2011-21732017000100063&script=sci_arttext
- Cardona, F., Castaño, J., y Ceballos, N. (2016). Epidemiología del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en quince introducciones de tomate silvestre. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), 45-54. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262016000100006&script=sci_arttext
- Cardona, L., Castaño, J., y Ceballos-, N. (2016). Epidemiología del tizón tardío (*Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary) en quince introducciones de tomate silvestre. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 19(1), 45-54. <http://www.scielo.org.co/scielo>
- Carmona, L., Villarreal, A., Burbano, D., y Soto, M. (2020). Cambios fisiológicos y mecanismos genéticos asociados a la marchitez vascular causada por *Fusarium* en tomate: revista actualizada. *Temas Agrarios*, 25(2), 166-189. <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/2457>
- Casas, A., Torres, I., Parra, F., y Torres, J. (2019). Centros de origen y diversificación de plantas cultivadas en América. *De los cultivos nativos y el cambio del clima Hallazgos*, 23. https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Casas/publication/336107495_centros_de_origen_y_diversificacion_de_plantas_cultivadas_en_america/links/5d8e8712458515202b6f3420/centros-de-origen-y-diversificacion-de-plantas-cultivadas-en-america.pdf
- Castro, R., Solís, M., Chicatto, V., y Solís, A. (2020). Producción de biogás mediante codigestión de estiércol bovino y residuos de cosecha de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(3), 529-539. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992020000300529&script=sci_arttext
- Chanja, E., Baez, Y. P., y Lazo, R. (2020). Evaluación del riego superficial en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Avances*, 22(2), 194-207. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7925379>
- Daza, O. (2014). *Caracterización del riego por surcos y goteo en tomate de industria y su efecto en rendimiento y calidad*. [Tesis de maestría, Universidad de Concepción-Chile]. <http://repositorio.undec.cl>
- De Borbón, C., Ortego, J., y Estrada, M. (2021). Comportamiento alimentario de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y la incidencia de TSWV (*Tomato Spotted Wild Virus*) en plantas de papa del cultivar Innovator. *RLA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 47(2), 176-180. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1669-23142021000200176&script=sci_arttext
- De Caboteau, A., y Morini, M. (2020). *Crecimiento de pies y copas para la producción de plantines de tomate injertado: efecto de la fecha de siembra y las condiciones ambientales* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/100845>
- Dola, V., y Gheller, J. A. (2023). Diferentes tipos de cobertura do solo no plantio de tomate tutorado. *Revista Cultivando o Saber*, 78-86. <https://cultivandosaber.fag.edu.br/index.php/cultivando/article/view/1262>

- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., y Martín, A. (2009). *Manual de cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill)* (en línea). Nodo Hortícola. Universidad de Chile. p. 60. (19 diciembre. 2023), http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- Escalona, V., Alvarado, P., Monardes, H., Urbina, C., y Martín, A. (2009). *Manual de cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill)* (en línea). Nodo Hortícola. Universidad de Chile. p. 60. (19 diciembre. 2023), http://www.cepoc.uchile.cl/pdf/Manua_Cultivo_tomate.pdf
- Escobar, H. y Lee, R. 2009. *Manual de producción de tomate bajo invernadero* (en línea). v.2. 2 ed. Universidad de Bogotá, Colombia. [https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=6qzheaaqbaj&oi=fnd&pg=pp1&dq=escobar,+h.+%26+lee,+r.+2009.+manual+de+producci%C3%B3n+de+tomate+bajo+invernadero+\(en+l%C3%ADnea\).+v.2.+2+ed.+universidad+de+bogot%C3%A1,+colombia.&ots=jmer3dzrht&sig=sclizyrypjm0ydm_bp5bm6jzwrk](https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=6qzheaaqbaj&oi=fnd&pg=pp1&dq=escobar,+h.+%26+lee,+r.+2009.+manual+de+producci%C3%B3n+de+tomate+bajo+invernadero+(en+l%C3%ADnea).+v.2.+2+ed.+universidad+de+bogot%C3%A1,+colombia.&ots=jmer3dzrht&sig=sclizyrypjm0ydm_bp5bm6jzwrk)
- Estrella, M., Cabadiana, H., Villalba, D., y Novillo, S. (2025). Técnicas poscosecha aplicadas al tomate riñón. https://www.researchgate.net/profile/Miguel-Enriquez-2/publication/390627826_Tecnicas_poscosecha_aplicadas_al_tomate_rinon/links/67f68a9ee8041142a16ff9f1/Tecnicas-poscosecha-aplicadas-al-tomate-rinon.pdf
- Flores, G. (2024). *Alelopatía de malezas y sus efectos en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum L.)*. BABAHOYO: UTB, (2024). <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/16051>
- Garbi, M., y Puerta, A. V. (2021). Simposio internacional virtual de cultivo en sustrato e hidroponía. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/119684>
- García, H. (2021). *Evaluación de productos químicos y botánicos para el manejo de los principales insectos plagas del tomate (Solanum lycopersicum L.) y su efecto sobre enemigos naturales Estelí, 2018* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria). <https://repositorio.una.edu.ni/4331/1/tnh10g216e.pdf>
- García, V. (2022). Evaluación de tutorado con diferentes ángulos sobre el rendimiento y calidad de tomate (*Lycopersicon esculentum*) var. Chonto. <https://repository.udca.edu.co/bitstream/11158/4501/1/Trabajo%20de%20Grado.pdf>
- García, J., y González, S. (2018). Germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum*), papaya (*Carica papaya* L.) y maracuyá (*Passiflora edulis*) utilizando sustratos orgánicos. *Revista Sistemas de Producción Agroecológicos*, 9 (2), 18-35. <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/715>
- Godoy, P., Zolezzi, M., Sepúlveda, P., Estay, P., y Chacón, G. (2018). Manual de campo: *Principales plagas y enfermedades en lechuga, tomate y cebolla*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-inia-cl-20.500.14001-6718/Description>
- Gonzales, M. (2023). *Manejo integrado de Myzus persicae (Sulzer) en el cultivo de pimiento (Capsicum annum L.) en el Ecuador*. BABAHOYO: UTB. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13917/>.
- Gorini, F. (2018). *Guía completa del cultivo del tomate*. Parkstone International. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=_g5dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT17&dq=La+preparaci%C3%B3n+del+terreno+para+la+producci%C3%B3n+de+tomate+es+un+factor+muy+importante+para+obtener+buenos+rendimientos,+siendo+el+suelo+un+factor+fundamental+para+el+desarrollo+%C3%B3ptimo+de+la+planta,+debiendo+realizar+una+labor+profunda+de+arado+e+incorporar+abono+qu%C3%ADmico+y+natural%3B+que+estar%C3%A1+en+funci%C3%B3n+previo+al+an%C3%A1lisis+de+suelo&ots=42VUExlUQU&sig=i9EsWsPTYV0XkAR_yatfLADJYbc

- Gorini, F. (2018). *Guía completa del cultivo del tomate*. Parkstone International. https://books.google.com/books?hl=es&lr=&id=_g5dDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=TOMATE:+El+material+vegetal+eliminado+debe+ser+quemado+o+enterrado+para+evitar+la+proliferaci%C3%B3n+de+plagas+y+enfermedades&ots=42VUExmZOR&sig=oj5VRBeNn3hZsZQExZcUwUIXm2U
- Guzmán, A., Corradini, F., Martínez, J. P., y Torres, A. (2017). *Manual de cultivo del tomate al aire libre*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Chile. https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/20.500.13082/29488/1/INIA_Libro_0049.pdf
- Huete, H., y Laguna, F. (2020). *Caracterización socioeconómica y agronomía en sistemas de producción de tomate (Solanum lycopersicum L.)*, La Trinidad, Esteli, Nicaragua, 2019-2020 (Doctoral dissertation, Universidad Nacional Agraria).
- IBCE (Instituto Boliviano de Comercio Exterior). (2024). *Importaciones de Tomate*. <https://ibce.org.bo/>
- Janssen, D. (2019). Control del SPAM en tomate: cuando las plagas vienen con virus. *Phytoma España: La revista profesional de sanidad vegetal*, 1(314), 130-133. https://www.phytoma.com/images/pdf/2019/314_tomate_spam_virus.pdf
- Jaramillo, J., Rodríguez, V., y Aguilar, P. (2013). Factores climáticos y su influencia en la producción de tomate. *Tecnología para el Cultivo de Tomate Bajo Condiciones Protegidas*, (10), 140-141. <https://www.sidalc.net/search/Record/dig-bac-20.500.12324-1381/Description>
- Jiménez, B., y García, R. (2018). *Influencia del potasio en el rendimiento y calidad del fruto de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.)*. Manglar, 14(2), 125-131. <https://core.ac.uk/download/pdf/490968396.pdf>
- Juárez, A., de Alba, K., Zermeño, A., Ramírez, H., y Benavides, A. (2015). Análisis de crecimiento del cultivo de tomate en invernadero. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 6(5), 943-954. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000500003&script=sci_arttext
- Julio, G., Ada, A., José, V., y Ruth, G. (2016). Adaptación de híbridos de tomate indeterminado [*Solanum lycopersicum* L.(Mill.)] bajo condiciones de invernadero Adaptation of indeterminate tomato hybrids [*Solanum lycopersicum* L.(Mill.)] under greenhouse conditions. *Journal of the Selva Andina Research Society*, 7(2), 47-65. http://scielo.org.bo/pdf/jsars/v7n2/v7n2_a03.pdf
- Kaufmann, J., Carlsburg, M., Noleppa, S., Hattermann, F., Salinas, A. y Nava, G. (2023). Análisis costo-beneficio (10 de noviembre 2023). *Producción de frutilla con riego por goteo en la cuenca del río Guadalquivir, Tarija*. Procuencia-giz, <http://bivica.org/file/view/id/6432>.
- Lamichhane, R., Dürr, C., Schwanck, A., Robin, H., Sarthou, P., Cellier, V., y Aubertot, N. (2017). Integrated management of damping-off diseases. a review. *Agronomy for Sustainable Development*, (37), 1-25. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13593-017-0417-y>
- Lindao, C. (2021). *Manejo del complejo de hongos que causan Damping-off en los cultivos hortícolas*. Universidad Técnica Babahoyo]. <http://dspase.edu.ec>.
- López, D., (2015). *Ácido abscísico y calcio foliar en la pudrición apical del tomate* [Tesis de Maestría en Ciencias, Institución de enseñanza e investigación en ciencias agrarias. Campus Montecillo. México]. <http://colposdigital.colpos.mx>.
- Luna, M. Coviella, C., Salas, N., Pereyra, P., Vallina, C., D'auro, F., y Sanchez, N. (2020). Control biológico de la polilla del tomate *Tuta absoluta*. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/143702>

- Mairana, L. (2017). *Análisis de viabilidad de la implementación de nuevas variedades de hortalizas y el cambio de sistemas de producción tradicionales en el municipio de Sucre* (Master's thesis, Sucre: Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Sucre). <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/20.500.14624/976>
- Macías Peralta, A. (2021). Estudios del valor agregado en la comercialización del cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum*)” (BABAHOYO: UTB, 2021). <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/9206>
- Mas, W. (2017). Efecto de poda en el cultivo de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) híbrido WSX-2205-F-1, bajo condiciones agroecológicas en la provincia de Lamas. <https://repositorio.unsm.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/5f3aea68-a46c-4ef9-86c1-13d4c9efb84d/content>
- Melgar, J., Rivera, J., Brown, J., y Weller, S. (2012). *Marchitez bacteriana en Solanaceas: su reconocimiento y manejo integrado*. Lima, Cortés, Honduras: FHIA. https://fhia.org.hn/wp-content/uploads/manual_marchitez_bacteriana.pdf
- Merchán, L. (2023). *Caracterización morfológica del tomate silvestre (Solanum sp.) en predios de los Ángeles en la Universidad Estatal del Sur de Manabí* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum). <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/5766>
- Monge, J., y Loria, M. (2021). Determinación de criterios de selección para el rendimiento de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cultivado bajo invernadero. *ALA avances en investigación agropecuaria*, 25(1), 7-19. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Eladio-Monge-Perez/publication/349682233_Determinacion_de_criterios_de_seleccion_para_el_rendimiento_de_tomate_Solanum_lycopersicum_L_cultivado_bajo_invernadero/links/603c3ae392851c4ed5a4f09d/Determinacion-de-criterios-de-seleccion-para-el-rendimiento-de-tomate-Solanum-lycopersicum-L-cultivado-bajo-invernadero.pdf?origin=journalDetail&_tp=eyJwYWdlIjoiam91cm5hbERldGFpbCJ9
- Mossande, A., Brown, O., Mujica, A., Mata, C., y Osorio, I. (2015). Riego por goteo con energía solar para el tomate en Cavaco, Benguela, Angola. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2), 11-17. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2071-00542015000200002&script=sci_arttext
- Ortiz, D., y Ramírez, A. (2019). *Estandarización de un método rápido de detección del virus del mosaico del tomate (ToMV) mediante reacción en cadena de la polimerasa con transcripción inversa (RT-PCR)*. Universidad de las Américas, 2019). <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/10824>
- Palomino, A. (2024). Gallinaza y tutorado en el rendimiento de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) a 2750 msnm-Ayacucho. <https://repositorio.unsch.edu.pe/items/4f39bded-1abf-42e0-9333-12afd17d07cb>
- Paz, R., Aballe, P., Gómez, R., y Noris, N. (2013). Comportamiento del tizón temprano del tomate (*Alternaria solani*) en las condiciones del municipio de Holguín, Cuba. *Revista de Fitosanidad*, 17(2), 75-81. <https://www.redalyc.org/pdf/2091/209129890002.pdf>
- Peláez, A., Vargas, M., Ayvar, S., Díaz, J., Acosta, M., y Tejeda, M. (2017). *Evaluación de la efectividad biológica de dos extractos vegetales para el control de Aphisgossypii (glover) (hemiptera: aphididae) en un sistema abierto de jitomate*. https://www.researchgate.net/profile/Arturo-Pelaez-Arroyo/publication/320481238_EVALUACION_DE_LA_EFECTIVIDAD_BIOLOGICA_DE_DOS_EXTRACTOS_VEGETALES_PARA_EL_CONTROL_DE_Aphis_gossypii_Glover_HEMIPTERA_APHIDIDAE_EN_UN_SISTEMA_ABIERTO_DE_JITOMATE/links/59e7fc07458515c3630fc2d9/EVALUACION-DE-LA-EFECTIVIDAD-BIOLOGICA-

DE-DOS-EXTRACTOS-VEGETALES-PARA-EL-CONTROL-DE-Aphis-gossypii-Glover-HEMIPTERA-APHIDIDAE-EN-UN-SISTEMA-ABIERTO-DE-JITOMATE.pdf

- Pérez, F. (2021). Estudio de parámetros de calidad y productividad y de resistencia a la afección por oídio de diferentes variedades comerciales de pimiento californiano rojo [Doctoral dissertation, Universidad Pública en la Cañada, España]. <http://repositorio.ual.es>.
- PTDIs (Territoriales de Desarrollo Integral). (2022). Características de los suelos en los principales municipios productores de tomate en Bolivia. <https://www.planificacion.gob.bo/uploads/PTDI.pdf>
- Quiroga, R., Rosales, M., Rincón, P., Hernández, E., y Garrido, E. R. (2007). Enfermedades Causadas por Hongos y Nematodos en el Cultivo de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en el Municipio de Villaflores, Chiapas, México. *Revista mexicana de fitopatología*, 25(2), 114-119. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0185-33092007000200004&script=sci_arttext
- Ramos, W. D. (2023). *Métodos para el control del Trips en el cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2023). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/14941>
- Rendón Marín, S. (2016). *Actividad antioxidante in vivo de licopeno del tomate, papaya y guayaba rosada para la prevención del cáncer colorrectal* (Doctoral dissertation, Corporación Universitaria Lasallista). <https://repository.unilasallista.edu.co/items/212d35f0-0027-4c34-b6cd-b76964195633>
- Richmond, F. (2010). Evaluación de distintas materias primas para la producción de almácigo de tomate. *Revista Científica de América Latina y el Caribe Redalyc*, 34(1), 85-91. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0377-94242010000100008&script=sci_arttext
- Roig, J. (2024). Control integrado de las principales plagas en cultivo de tomate. *Llibre d'actes del II Congrés de la Tomata Valenciana. L'Autèntica*. <https://riunet.upv.es/bitstreams/d4a315bf-7b9b-4977-bf06-a5b2fab00988/download#page=136>
- Rojas, J. y Castillo, M. 2007. *Diagnóstico de la Agro Cadena del cultivo de tomate de la Región Central Sur* [Archivo PDF] <https://www.mag.go.cr>, E70-4158.pdf.
- Salazar, W., y Guzmán, J. (2013). Nematodos fitoparásitos asociados al tomate en la zona occidental de Nicaragua. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 24(1), 27-36. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212013000100003&script=sci_arttext
- Salman, M., y Abuamsha, R. (2012). Potential for integrated biological and chemical control of damping-off disease caused by *Pythium ultimum* in tomato. *ResearchGate Bio Control*, 711-718. <https://doi.org/10.1007/s10526-012-9444-4>.
- SENASAG (Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria e Inocuidad Alimentaria). (2023). *Módulo de reportes Gran Paititi*. <https://www.planificacion.gob.bo/uploads/PTDI.pdf> <https://www.planificacion.gob.bo/uploads/PTDI.pdf> <https://paititi.senasag.gob.bo/egp/verificaRegistroSanitario.html>
- Serna, C. (2017). Caracterización fenotípica y molecular de resistencia inducida por aplicaciones de silicio y biochar en etapa vegetativa de tomate (*Solanum lycopersicum*) hacia *Fusarium oxysporium* F. sp. *Lycopersici* raza 26202. <https://repositorio.unillanos.edu.co/bitstream/001/2969/1/Trabajo%20de%20grado%2C%201026570201.pdf>
- Suazo Castro, B. R., Martínez, S. B., Puig, M. L., Maiale, S. J., y Garbi, M. (2023). Período de cosecha y producción de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) injertado y conducido a más de un eje, bajo

- invernadero. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 39(1), 23-34.
https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0719-38902023000100023&script=sci_arttext&tlng=en
- Svoboda, D. A. (2022). Evaluación y seguimiento de híbridos en desarrollo de tomate bajo invernadero en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias.
<https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/56613>
- Svoboda, D. (2022). Evaluación y seguimiento de híbridos en desarrollo de tomate bajo invernadero en el campo experimental de la Facultad de Ciencias Agrarias.
<https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/56613>
- Torres, F. (2022). Efecto de la aplicación de yodo en la germinación de semilla de tomate de árbol (*Solanum betaceum*). <https://repositorio.uta.edu.ec/items/d6813618-a332-44a7-9157-3a776c83ee07>
- Vásquez, L., y Castaño, J. (2017). Manejo integrado de la marchitez vascular del tomate [*Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici* (SACC.) wc snyder & hn hansen], una revisión. *Revista UDC A Actualidad & Divulgación Científica*, 20(2), 363-374.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-42262017000200014&script=sci_arttext
- Vecilla, J. (2022). *Estudio de los productos derivados del cultivo de tomate (Solanum lycopersicum)*. BABAHOYO: UTB, 2022). <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13308>
- Vera, J. (2021). *Hongos causantes de la mancha gris de la hoja en Lycopersicon esculentum Mill., su variabilidad y el rol de la resistencia sistémica adquirida (RSA) en la reducción de su incidencia* (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata). <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/120973>
- Zamora, E. (2016). Algunas fisiopatías de frutos, tallos y hojas en cultivos protegidos. *Revista Cultivos Protegidos HORT*, 2(17), 1-15.
[https://dagus.unison.mx/Zamora/1.%20ALGUNAS%20FISIOPATIAS%20DE%20FRUTO S,%20TALLOS%20Y%20HOJAS%20EN%20CULTIVOS%20PROTEGIDOS.pdf](https://dagus.unison.mx/Zamora/1.%20ALGUNAS%20FISIOPATIAS%20DE%20FRUTO%20S,%20TALLOS%20Y%20HOJAS%20EN%20CULTIVOS%20PROTEGIDOS.pdf)



Instituto Nacional de Innovación Agropecuaria y Forestal – INIAF
Dirección: Calle Cañada Strongest, Esquina Otero de la Vega, N° 1573 - Zona San Pedro Centro
Web: iniaf.gob.bo | Correo: iniaf@iniaf.gob.bo | Teléfonos: (591-2) - 2124404 – 2124411
La Paz – Bolivia

ISBN: 978-9917-9785-7-2



9 789917 978572

