



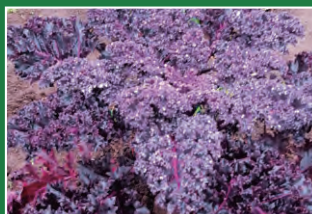
GOBIERNO REGIONAL
DE LA ARAUCANÍA



Manejo y especies hortícolas aptas para la agroindustria en la Región de La Araucanía

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS

Boletín INIA / N° 472





Instituto de Investigaciones Agropecuarias



GOBIERNO REGIONAL
DE LA ARAUCANÍA



Manejo y especies hortícolas aptas para la agroindustria en la Región de La Araucanía

Editores:

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD

Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo Magister

ISSN 0717-4829

Temuco 2022

Directora Regional INIA Carillanca
Ma. Gabriela Chahín Ananía

Editores

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc PhD,
Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias

Comité Editor

Rafael López-Olivari, Ing. Agrónomo Dr, Subdirector de I+D
Lilian Avendaño Fuentes, Periodista, Encargada de Comunicaciones
Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias

Autores

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc PhD
Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias
Maritza Bastías Millanao, Ing. Agrónomo, Magíster[©]
Iverly Romero Mendoza, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias
Claudio Fontanilla González, Téc. Univ. en Producción Agropecuaria

Boletín INIA N° 472
ISSN: 0717-4829

Cita: Saavedra, G. y Kehr, E. (Eds). 2022. Manejo y especies hortícolas aptas para la agroindustria en la Región de La Araucanía. Boletín INIA N°472. 315p.

Material editado en el marco del Programa GORE-INIA "Mejoramiento de la competitividad del rubro hortícola en La Araucanía con el propósito de transformar a la región en el proveedor de hortalizas para la zona sur y de exportación", (Código BIP 40008780-0).

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional INIA Carillanca, km 10 camino Cajón-Vilcún, Región de La Araucanía, (56-45) 2297100.

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

Versión disponible online en biblioteca.inia.cl

Diseño y diagramación: Ramón Navarrete Díaz
Impresión: Telstar Impresores Soc. Ltda.
Tiraje: 80 ejemplares

Prólogo

La horticultura es una de las actividades agrícolas más relevantes en los sistemas productivos, especialmente en la agricultura familiar de la Región de La Araucanía. Ésta hace un importante aporte a la vida saludable de las familias, contribuyendo a la economía familiar, principalmente en la comercialización de los productos en fresco para mercados locales y, en parte, para la exportación a regiones vecinas. Así, la tecnología de producción en la horticultura requiere una mejora paulatina.

Entre los años 2015-2016 se realizó un trabajo colaborativo entre actores relevantes público-privados con la elaboración de las estrategias, hoja de ruta y la cadena de valor de este rubro dirigido por INIA Carillanca, donde a raíz de ello nace el programa GORE-INIA **"Mejoramiento de la competitividad del rubro hortícola en La Araucanía con el propósito de transformar a la región en el proveedor de hortalizas para la zona sur y de exportación"** (Código BIP N° 40008780-0), financiado por el Gobierno Regional de La Araucanía y ejecutado por INIA Carillanca, focalizado en los cordones hortaliceros de la provincia de Cautín (Temuco, Padre Las Casas, Freire, Chol Chol y Vilcún) y la provincia de Malleco (Angol y Renaico).

En el marco de este programa se desarrolla este boletín, que describe 10 especies hortícolas con aptitud agroindustrial y un capítulo de especies aromáticas, que forman parte de los sistemas productivos de los pequeños productores de la región. Todas las especies fueron evaluadas en su comportamiento agronómico y productivo por tres temporadas, en unidades demostrativas ubicadas en las zonas agroecológicas de secano costero, secano interior, valle central y precordillera de La Araucanía.

Junto con ello se incorporan temas relacionados con áreas transversales como: siembra y producción de almácigos, método de riego presurizado, rotaciones de cultivos hortícolas, poscosecha de hortalizas, cadena de valor hortícola para La Araucanía, y un capítulo dedicado a la descripción de la plataforma *planpredial.inia.cl*, la que gracias al apoyo del Gobierno Regional, pudo ser actualizada con la incorporación de nuevos paquetes de manejo. Dicha plataforma hoy se encuentra en funcionamiento para contribuir a la toma de decisiones y responder a las preguntas ¿Qué? ¿Cuándo? ¿Cuánto? y ¿Cómo producir?.

Estamos convencidos que nuestra Región de La Araucanía posee condiciones agroecológicas para la producción de hortalizas para mercado en fresco y agroindustrial, lo que esperamos se potencie cada día.

Especial agradecimiento al Gobierno Regional por el financiamiento, a los 186 beneficiarios (agricultores, asesores técnicos y estudiantes de liceos agrícolas), al personal que formó parte del equipo de trabajo, y a la contribución de los autores que participaron en la generación de la información aquí expuesta.

Elizabeth Kehr Mellado

Ingeniero Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias
Directora del Programa

ÍNDICE

Parte I.	Generalidades en especies hortícolas	9
	Siembra y producción de plantines	11
	Rotación de cultivos hortícolas	27
	Riego presurizado: Componentes e instalación	41
	Poscosecha en hortalizas	61
	Plan predial: Una plataforma de gestión y planificación para la agricultura de La Araucanía	73
	Cadena de valor hortícola 2022 para La Araucanía	87
Parte II.	Especies hortícolas con aptitud agroindustrial	95
	Arveja verde	97
	Betarraga	121
	Brócoli y Romanesco	141
	Haba	169
	Kale	189
	Maíz dulce	207
	Poroto verde	231
	Puerro	251
	Zanahoria	265
	Especies aromáticas	289
Anexo 1.	Metodología utilizada para el cálculo de demanda de agua	313

Parte I.

Generalidades en especies hortícolas



Siembra y producción de plantines

Maritza Bastías Millanao, Ing. Agrónomo, Magíster©



En la Región de La Araucanía, la horticultura ha ido incorporando mayor tecnología, lo que conlleva el uso de técnicas de producción más sofisticadas y eficientes. Esto implica costos elevados, pero también mayor productividad y mejor calidad de productos. Por lo tanto, un buen inicio de cultivo es fundamental, porque una vez iniciado es muy difícil enmendar los errores cometidos al comienzo del trabajo hortícola. En esto, la calidad de las plántulas representa el 50 % de la producción, por tal razón, se usan técnicas como almácigo/trasplante. Por otro lado, para producir buenas plantas desde un inicio es necesario hacer plantas pequeñas y compactas, para garantizar el éxito en la labor de trasplante.

El almácigo es el lugar donde las semillas son depositadas para que inicien su crecimiento hasta convertirse en plántulas y estén de tamaño adecuado para el trasplante (Holle y Montes, 2000). Así, el almácigo es un área de terreno preparado y acondicionado especialmente para colocar la semilla con la finalidad de producir su germinación bajo las mejores condiciones y cuidados. Esto con la finalidad de que la plántula pueda crecer sin dificultad y esté lista para el trasplante (Boutherin, 1994).

El almácigo constituye una etapa crítica para algunos cultivos hortícolas, la producción de un buen plantel de plántulas para trasplante dependerá, principalmente, del cuidado que se le brinde en el almácigo, asegurando las condiciones necesarias y propicias para el adecuado crecimiento y desarrollo del cultivo (Toledo, 1995).

La siembra de almácigos se debe planificar anticipadamente a lo menos dos a tres meses antes del trasplante, dependiendo de la especie. Por lo tanto, al momento de trasplante ya las plántulas estarán en condiciones de establecerse fuertemente y crecer, aprovechando las condiciones favorables del clima del momento, asegurando una población uniforme en campo, facilitando el manejo agronómico en las primeras etapas del cultivo, ya que al tener establecida la población, se puede cultivar o aplicar pesticidas sobre hilera, manejar mejor el riego o poner cintas, entre otros (Saavedra *et al.*, 2022).

El riego es uno de los aspectos críticos a considerar durante esta etapa, debiendo ser permanente y oportuno. Inmediatamente después de la siembra, se da el primer riego que proporcionará la humedad necesaria para la germinación adecuada de la semilla (Saavedra *et al.*, 2022). Aspersores manuales o automatizados se utilizan para humedecer bien el sustrato. Otra manera de regar es colocando las bandejas en recipientes con agua para que ingrese por los orificios debajo de las bandejas (mojamiento por capilaridad). Mantener la humedad constante es de suma importancia, por lo que se recomienda hacer riegos cortos y frecuentes para lograrlo (Ramoá, 2013).

Los almácigos permiten usar la cantidad precisa de semillas, basadas en el porcentaje de germinación, generando ahorro y muy poca pérdida (Saavedra *et al.*, 2022).

En términos generales, para pruebas de germinación los porcentajes no deben bajar de 70% para las semillas de baja germinación y de 90 % para las de elevado porcentaje. En el cuadro 1 se indica el porcentaje mínimo de poder germinativo exigido por FIS (Federación Internacional de Semillas) y por SAG (Servicio Agrícola y Ganadero), respecto de la comercialización de semillas (Giaconi y Escaff, 2001).

Cuadro 1. Características generales, requisitos, poder germinativo, pureza y longevidad de las semillas de hortalizas

Nombre vulgar	Nombre científico	Peso 1 Litro (g)	Semilla por gramo	Poder Germinativo % mínimo		Pureza % mínimo		Prueba Germinación Número de días para		Longevidad media (años)
				FIS	SAG	FIS	SAG	primer cómputo	último cómputo	
Acelga	<i>Beta cicla</i> L.	250	60	80	73	97	97	4	14	4
Arveja	<i>Pisum sativum</i> L.	750	3-10	87	85	99	97	4	8	3
Betarraga	<i>Beta vulgaris</i> L.	250	60	80	63	97	97	4	14	4
Cebolla	<i>Allium cepa</i> L.	500	230-320	80	75	99	98	6	12	1-2
Cilantro	<i>Coriandrum sativum</i> L.	320	85	-	70	-	98	7	21	3
Coliflor	<i>Brasica oleracea v. botrytis</i>	700	170-350	80	80	99	98	4	10	5
Espinaca	<i>Spinacia oleracea</i> L.	450	100	82	73	99	97	7	21	3
Frejol	<i>Phaseolus</i> spp.	750	1-7	82	85	99	98	5	9	2-3
Haba	<i>Vicia faba</i> L.	750	-	87	85	99	98	4	14	2-3
Lechuga	<i>Lactuca sativa</i> L.	450	800	82	80	99	97	4	7	5
Maíz dulce	<i>Zea mays v. rugosa</i>	650	5-6	85	80	99	98	4	7	2-3
Melón	<i>Cucumis melo</i> L.	400	20-40	82	80	99	98	4	8	4
Orégano	<i>Origanum vulgare</i>	550	-	70	75	98	97	7	21	2-3
Pepino	<i>Cucumis sativus</i> L.	480	35-40	86	80	99	98	4	8	4
Perejil	<i>Petroselinum sativum</i>	500	250	75	60	99	97	10	28	3-4
Pimiento-ají	<i>Capsicum annum</i>	450	150	78	75	99	98	7	14	4
Puerro	<i>Allium porrum</i> L.	550	360	80	75	99	98	6	14	1-2
Rábano	<i>Raphanus sativus</i> L.	650	80	82	85	99	98	4	10	3-4
Repollo	<i>B. oleracea v. capitata</i>	700	170-350	82	80	99	98	4	10	5
Sandía	<i>Citrullus lanatus</i>	450	7-20	82	80	99	98	5	14	4
Tomate	<i>Lycopersicon esculentum</i>	300	240-400	85	75	99	98	5	14	4
Zanahoria	<i>Daucus carota</i> L.	340	320-1000	75	80	97	95	7	14	4
Zapallo	<i>Cucurbita</i> spp.	450	3-10	80-82	75	99	98	4	8	4

Fuente: Adaptado de Giaconi y Escaff, 2001.

Por otro lado, obtener plantas uniformes en tamaño y edad fisiológica es el objetivo principal. Las semillas, al ser sembradas a profundidad uniforme y bajo cuidado o protegidas, la germinación es pareja, las plántulas crecen del mismo tamaño en el mismo período de tiempo, por lo tanto, son similares en edad fisiológica (Saavedra *et al.*, 2022).

En tal sentido, es conveniente que el agricultor se asegure de que la semilla adquirida tenga un buen poder germinativo. En el caso que hayan dudas, se puede enviar una muestra a un laboratorio oficial o el mismo productor puede realizar una prueba de germinación (Giaconi y Escaff, 2001) (Figura 1).

Para desarrollar una prueba de germinación se necesita lo siguiente:

- Contar un número definido de semillas. Se recomienda partir siempre con 100 unidades.
- Tener un envase, más papel absorbente o algodón.
- Humedecer el envase.
- Colocar el envase a temperatura ambiente.
- Esperar a lo menos una semana para su evaluación.

Teniendo todos estos elementos, se procede a distribuir dichas semillas en forma homogénea en el envase, colocándolas sobre papel absorbente o algodón húmedo. Dejarlo a temperatura ambiente al menos una semana y solo preocuparse que durante este tiempo no exista pérdida de humedad. Una vez que se observe la germinación de las semillas, proceder a contabilizar y aplicar la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{N}^\circ \text{ semillas germinadas}}{\text{N}^\circ \text{ semillas totales}} \times 100 = \% \text{ de germinación}$$

Teniéndose el % de germinación resultante, se recomienda aplicar un factor de corrección aumentando un 10-15 % la dosis recomendada para asegurar la población deseada.

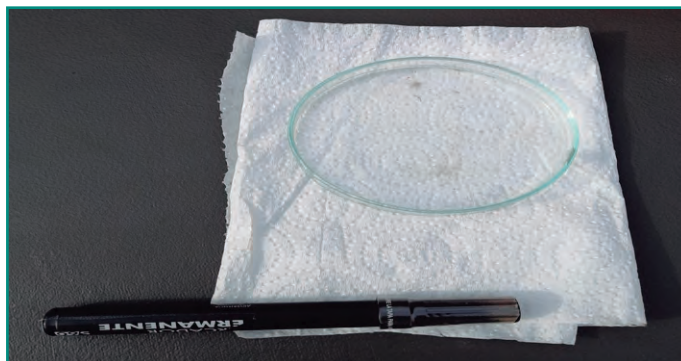


Figura 1. Materiales para prueba de germinación

Temperatura

Cada especie se caracteriza por tener un rango de temperatura dentro del cual es posible la germinación. En general, para una gran cantidad de especies el rango óptimo para crecer varía entre 18-22 °C (Ramoá, 2013).

En relación a la temperatura del suelo que se requiere para germinación, depende del tipo de hortaliza (Cuadro 2).

Cuadro 2. Condiciones para la germinación de algunas semillas de hortalizas

Nombre vulgar	Temperatura del suelo °C			Duración media (días)
	Mínima	Máxima	Óptima	
Acelga	5	35	10-30	
Arveja	5	30	5-34	
Betarraga	5	35	10-30	
Brócoli	5	38	7-30	
Cebolla	1	35	10-30	
Coliflor	5	38	7-30	
Espinaca	1.5	30	7-24	10-17
Frejol	15.5	35	16-30	
Lechuga	1.5	30	5-27	
Melón	16	38	24-35	
Pepino	16	41	16-35	3-16
Pimiento y ají	15-16	35	18-35	8-25
Rábano	5	35	7-32	
Repollo	5	38	7-30	
Tomate	10	35	16-30	6-14
Zanahoria	5	35	7-30	4-20
Zapallo	15-16	38	21-35	

Fuente: Adaptado de Giacconi, V. y M. Escaff. 2001.

Fecha de siembra de almácigos de hortalizas

A partir del trabajo realizado en el marco del Programa GORE-INIA de hortalizas, se puede definir un calendario de siembra de almácigos por zona agroecológica y por las especies consideradas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Fecha siembra y trasplante de hortalizas por época y zona agroecológica para la Región de La Araucanía

Especie	Época	Zona agroecológica	Fecha siembra		Fecha trasplante	
			Inicio	Término	Inicio	Término
Romanesco	Primavera-verano	Precordillera	15-ago	15-oct	01-oct	30-nov
		Valle central	15-ago	15-oct	01-oct	30-nov
	Otoño-invierno	Precordillera	15-nov	15-ene	01-dic	28-feb
		Valle central	15-nov	15-ene	01-dic	28-feb
		Secano costero	15-sept	15-nov	01-nov	31-dic
Secano interior	15-sept	15-nov	01-nov	31-dic		
Kale	Primavera-verano	Precordillera	15-ago	15-dic	01-oct	31-ene
		Valle central	15-ago	15-dic	01-oct	31-ene
		Secano costero	15-ago	15-nov	01-oct	31-dic
		Secano interior	15-ago	15-nov	01-oct	31-dic
	Otoño-invierno	Precordillera	15-dic	15-feb	01-feb	15-mar
		Valle central	15-dic	15-feb	01-feb	15-mar
		Secano costero	15-nov	15-feb	01-ene	31-mar
Secano interior	15-nov	15-feb	01-ene	31-mar		
Brócoli	Primavera-verano	Secano costero	15-ago	15-oct	01-oct	30-nov
		Secano interior	15-ago	15-oct	01-oct	30-nov
		Precordillera	15-ago	15-dic	01-oct	31-ene
		Valle central	15-ago	15-dic	01-oct	31-ene
	Otoño-invierno	Valle central	15-nov	01-ene	01-ene	15-feb
		Precordillera	15-nov	01-ene	01-ene	15-feb
		Secano costero	15-nov	01-feb	01-ene	15-mar
Secano interior	15-nov	01-feb	01-ene	15-mar		
Puerro	n/a	Secano costero	01-ago	30-sept	01-ene	28-feb
		Secano interior	01-ago	30-sept	01-ene	28-feb
		Precordillera	01-ago	30-sept	01-ene	28-feb
		Valle central	01-ago	30-sept	01-ene	28-feb

Fuente: Elaboración propia a partir de resultados del Programa GORE-INIA de Hortalizas.

Tipos de almácigo

- Raíz desnuda, se realiza en suelo y bajo túnel.
- Raíz cubierta, se realiza en contenedores, generalmente bajo invernadero o bajo túnel.

Almácigo a raíz desnuda

No todas las especies se pueden manejar bajo este método, solo aquellas que tienen una rápida recuperación. Dentro de este grupo se encuentra el cultivo del puerro, que se trabaja con plantas a raíz desnuda para su trasplante, y que fue establecido en la Región de La Araucanía. Para una hectárea de plantación se requieren 400 m² de almácigo, que debe cumplir con las siguientes características (Saavedra *et al.*, 2022):

- La almaciguera debe tener fácil acceso, cercana al lugar de plantación y a la fuente de agua, idealmente, protegido de condiciones adversas. Tema a considerar en esta región, donde hay vientos fuertes y bajas temperaturas.
- El suelo debe ser liviano y de profundidad media, con materia orgánica, plano, sin pedregosidad y buen drenaje.
- Las canchas deben ser niveladas y el suelo preparado con rotovator, mesas preparadas a 1,2 m de ancho por un largo variable (Figura 2). Los nutrientes se incorporan al suelo en dosis de 30 kg/ha de fósforo (P₂O₅) y 41 kg/ha de potasio (K₂O), las hileras deben establecerse con sembradora de grano pequeño en 6 hileras por mesa. Esto permite un mejor control de la dosis y distribución de la semilla, dejándola a una profundidad uniforme, lo que facilita una emergencia pareja y la obtención de plántulas más uniformes y vigorosas.
- Si la semilla no viene desinfectada, éstas deben ser colocadas en un recipiente, agregar el fungicida Thiram (Pomarsol Forte 250 WG) en dosis de 20 g y el insecticida Clorpirifós (Lorsban 50 WP, Troya 50WP, Chlorpirifos 50 % WP) en dosis de 10 g/10 kg de semilla, revolver y sembrar.
- Sembrar en dosis de 6–7 g de semilla/m², proteger con manta antihelada para el inicio del cultivo.
- Con emergencia de las plántulas, en aparición del 1^{er} y 2^{do} par de hojas verdaderas, aplicar 38 kg/ha de nitrógeno.
- Para mantener la humedad adecuada de los almácigos se recomienda regar por goteo, instalando tres hileras de cinta de riego por mesa, una cada dos hileras de siembra.

- Observar en período de desarrollo la presencia de roya (*Puccinia porrii*), aplicar fungicida Caramba en dosis de 1 L/ha y repetir a los 30 días en caso de necesidad (Kehr y Leal, 2016).
- La cosecha de las plántulas se realiza con 3 a 4 hojas verdaderas desarrolladas con 12 a 15 cm de altura con 3 a 4 mm de grosor de tallo (Figuras 3 y 4).



Figura 2. Almácigo de puerro en mesa



Figura 3. Almácigo de puerro listo para su cosecha



Figura 4. Plantines de puerros desmochados y listos para su trasplante

Almácigo a raíz cubierta

- Es una técnica de producción utilizada en especies que no resisten siembra directa.
- Cuando las semillas son de alto costo, como las híbridas, se utiliza para ahorrar semilla.
- Permite anticipar la producción.
- También ahorrar mano de obra en raleo de plantas.
- Cuando la temperatura de suelo es elevada, ayuda a una rápida germinación de la semilla.
- Cuando la semilla es muy pequeña y se necesitan cuidados especiales para germinar.

Este tipo de almácigo se realiza en contenedores de plástico o poliestireno, que varían en el volumen del cubo y cantidad de cubos por bandeja, dependiendo de la especie que se vaya a sembrar. Por otra parte, el sustrato a utilizar puede variar desde suelo esterilizado a mezclas de turba con perlita y vermiculita en diferentes proporciones, pero siempre privilegiando la conservación de humedad (Saavedra *et al.*, 2022). El sustrato puede estar compuesto de un solo material, sin embargo, la combinación de dos o más materiales pueden entregar a la planta mejores condiciones para llegar al trasplante (Maroto, 1990).

Etapas del almácigo

Antes de comenzar con la producción de plantines se debe plantear el objetivo para el cual serán destinados, la cantidad, el espacio y tiempo que se dispone para ello. El campo o el invernadero deben estar preparados para recibir los plantines en el momento apropiado, tarea que debe coordinarse con anticipación, de lo contrario estos se deterioran.

Preparación de bandejas

Este almácigo tiene la ventaja de evitar el estrés del trasplante. Al tener el cubo de raíces completo, sin cortes, la plántula se acomoda fácilmente en el terreno definitivo. Las especies que se recomienda producir bajo esta modalidad son: repollo, brócoli, coliflor, kale, romanesco y lechuga (Saavedra *et al.*, 2022).

- Puede realizarse en diversos contenedores.
- Se rellenan con el sustrato adecuado, sin presionar, solo dando un suave golpe para que éste se asiente, y luego se coloca la semilla.
- Se marca cada celda con un orificio en donde se ubica la semilla.
- Se recomienda mezclar y homogenizar el sustrato (Figura 5) y la perlita (Figura 6), en dosis de tres partes de sustrato y una de perlita.



Figura 5. Sustrato



Figura 6. Perlita

Materiales necesarios para elaborar un almácigo

- Sustrato en base a turba y perlita
- Bandejas almacigueras o contenedores (Figura 7)
- Semilla de buena calidad
- Lápiz marcador
- Palos de helado para marcar
- Agua
- Regadera
- Recipiente para mezcla



Figura 7. Tipos de bandejas y contenedores de almacigueras

Siembra

- La profundidad dependerá del tamaño de la semilla. Cuanto más pequeña sea ésta, más superficial será la siembra.
- Como regla general podemos decir que se entierran a una profundidad equivalente a dos o tres veces su diámetro.
- Para cubrir las se puede utilizar el mismo sustrato o perlita, material inerte que ayuda a mantener la humedad.
- Marcar con ayuda del palo de helado indicando el nombre de la especie, variedad y fecha (Figura 8).



Figura 8. Insumos para marcar bandejas de almácigos

Disposición de las bandejas en condiciones favorables

- Considerar un lugar protegido, con temperaturas confortables y condiciones de luminosidad o sombreo necesarias según la época del año (Figura 9).
- Cada especie se caracteriza por tener un rango de temperaturas dentro del cual es posible la germinación. En general, para una gran cantidad de especies el rango de temperaturas óptimas para crecer varía entre los 18-22 °C.
- Una vez preparadas las bandejas, se las debe llevar al lugar donde se las mantendrá durante su crecimiento.

- El lugar ideal es un invernadero o plantinera, pudiendo variar entre un macro túnel o túneles destinados para ese fin (Figura 9).
- Lo importante es protegerlas de las lluvias, vientos y temperaturas extremas (heladas o exceso de calor). Si existen bajas temperaturas construir un túnel con manta antihelada (Figura 10) al interior del invernadero para su protección (Saavedra *et al.*, 2022).



Figura 9. Invernadero destinado a la producción de almácigos



Figura 10. Uso de manta antihelada dentro de invernadero destinado a almácigos

Manejo del riego

- Es fundamental regar con abundante agua luego de la siembra, para que la semilla comience su proceso de germinación.
- Aspersores manuales, automatizados o microjet se utilizan para humedecer bien el sustrato (Figura 11).
- Otra manera de regar es colocando las bandejas en recipientes con agua para que ésta ingrese por los orificios debajo de las bandejas (por capilaridad).
- Mantener la humedad constante es de suma importancia. Para lograr este objetivo, se recomienda hacer riegos cortos y frecuentes.
- Es importante que se revise al menos dos veces al día, regar diariamente de preferencia en la mañana, escardar dos veces por semana para evitar que se formen costras y el desarrollo de algas.



Figura 11. Sistema de riego presurizado en almacigueras

Manejo del trasplante

- El momento preciso para esta operación lo podemos determinar considerando el tiempo transcurrido desde la siembra del almácigo con 3 a 4 hojas verdaderas, pero el tiempo necesario en plantinera varía según la especie y la temperatura.
- Para el trasplante se deben considerar plántulas que tengan el cubo de raíces lleno, cuando en la bandeja se observen raíces salientes (Figura 12) por el fondo y con cierre completo de hojas, en donde no se vea el sustrato, es un buen indicador

de que la almaciguera llegó a su término para trasplante, existiendo una relación equitativa entre la parte aérea y radicular (Saavedra *et al.*, 2022).

- El color de las raíces es otro indicador importante. Cuando son blancas es que son jóvenes, cuando se tornan más oscuras indica que el plantín se está envejeciendo.
- La consistencia del pan de sustrato (si al tirar la planta sale con el sustrato firme y lleno de raíces, indica que puede retirarse) (Figura 13).
- Previo al trasplante se recomienda un período de endurecimiento, que consiste en dejar las bandejas fuera del invernadero (Figura 14), bajo una malla de sombra de al menos 50 % por una semana, para aclimatar la planta y evitar muerte en el momento de establecimiento. Luego se llevan a terreno en un suelo con alta humedad, de manera que las raíces encuentren un medio apropiado para empezar a desarrollarse (Saavedra *et al.*, 2022).



Figura 12. Indicador de bandejas que están listas para su trasplante

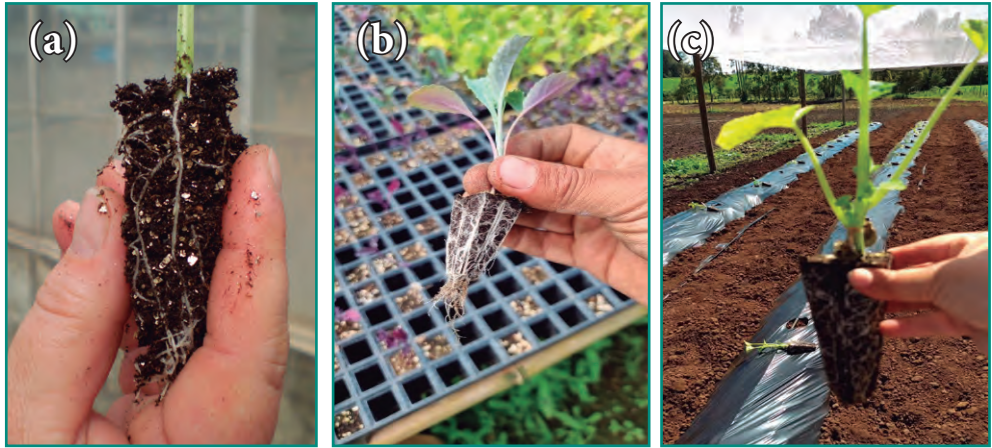


Figura 13. Indicador de pan de sustrato con falta de desarrollo del almácigo (a), versus panes de plantas de kale (b) y zapallo italiano listos para su trasplante (c)



Figura 14. Estructura de sombra con malla al 80 % para endurecimiento de almácigos

Referencias

Giaconi, V., & Escaff, M. 2001. Cultivo de hortalizas. 13ª edición. Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 337p.

Boutherin, D. (1994). Suelos. Zaragoza, España, Acribia. 431p.

Holle, M; Montes, A. 2000. Manual de enseñanza práctica de producción de hortalizas. San José, Costa Rica. 230p.

Kehr M., Elizabeth y Leal A., Yovana (eds.). 2016. Fichas Técnicas: Rubros agropecuarios de interés para sistemas productivos de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°330. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6557> (Consultado: 12 diciembre 2022).

Maroto, J.V. (1990). Elementos de horticultura general. Madrid. España. 481p.

Toledo. (1995). Cultivo de brócoli. Lima, Perú. SINITTA. 59p.

Ramoa, M. V. (2013). Producción de plantines. *Voces y ecos (30: 53-55) Reconquista: INTA*. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_vocesyecos_nro30_produccion_de_plantines.pdf

Saavedra del R., Gabriel, Bastías M., Maritza y Kehr M., Elizabeth. 2021-10. *Producción de plantines para la industria de hortalizas de la Región de La Araucanía* [en línea]. Temuco, Chile: Informativo INIA Carillanca. N° 138. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68282> (Consultado: 27 noviembre 2022).

Rotación de cultivos hortícolas

Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias



Generalidades

Una rotación de cultivos hortícolas corresponde a la sucesión de ellos en un mismo terreno durante un período determinado de tiempo, considerando años o temporadas agrícolas (Kehr *et al.*, 2022). Las especies de distintas características y exigencias se van alternando para lograr el mejor aprovechamiento del suelo, mantener su nivel de fertilidad y buen estado sanitario (Giaconi y Escaff, 1998).

Para ello, las especies exigentes de un determinado nutriente como nitrógeno, fósforo o potasio se alternan con otras que no lo son o no lo requieren en igual nivel. En general, las especies se alternan con raíces profundizadoras con otras de arraigamiento superficial, o plantas con distinto órgano de consumo. Desde el punto de vista de la nutrición del suelo, la rotación que ofrece más ventajas es aquella que se inicia con una leguminosa como arveja, poroto o haba, dado que estas especies tienen la facultad de fijar el nitrógeno atmosférico a través de las bacterias del género *Rhizobium* en sus raíces (Giaconi y Escaff, 1998).

Una rotación adecuada tiene una serie de ventajas, tales como:

1. ***Suelo***: al cultivar una sucesión de hortalizas con diferente profundidad de arraigamiento, se produce una mejora en la estructura del suelo, generando mayor presencia de macro y microporos por el laboreo, lo que permite a su vez una mayor aireación y percolación del agua de riego hacia el sistema radicular. Desde el punto de vista químico, algunas especies como las leguminosas que fijan nitrógeno atmosférico son muy útiles en las rotaciones hortícolas. Adicionalmente, es recomendable que se incorporen los diferentes residuos hortícolas, ya que contribuye a los aspectos físicos y químicos del suelo. Así, la fertilidad del suelo se mejora en el tiempo.
2. ***Fitosanidad***: la alternancia de cultivos hortícolas de diferentes familias botánicas evita la presión de plagas y enfermedades, contribuyendo a cortar los ciclos de ellas. Al alternar especies con diferente susceptibilidad a ciertas plagas o enfermedades con otras que no lo son, ellas pueden desaparecer o reducir su intensidad (Giaconi y Escaff, 1998). Esto ayuda a mantener los suelos más limpios y a reducir el uso de pesticidas. Desde el punto de vista de la presión de malezas —uno de los problemas más complejos en la producción hortícola—, una rotación adecuada ayuda a reducir la presión de malezas por preparación del suelo a diferentes profundidades y reducción del uso de herbicidas.
3. ***Rentabilidad***: la alternancia de especies en épocas diferentes y la planificación de las combinaciones, contribuyen a un mejor aprovechamiento del suelo disponible, por lo cual se afecta positivamente la rentabilidad de los cultivos. La oferta variada de productos permite reducir el riesgo económico comparado con un monocultivo. Otro aspecto importante es lo que demanda el mercado objetivo al cual se quiere llegar. En este aspecto, existen diferentes tipos de mercados: los institucionales (colegios, regimientos, hospitales); masivos (retail, supermercados,

ferias libres, agroindustria) y gourmet (hoteles, restaurantes). Todos estos tipos tienen requerimientos específicos en cuanto a productos, formatos, volúmenes, calidades y precios. Así, la rentabilidad dependerá del conjunto de productos y sus destinos.

4. *Otras ventajas:* están relacionadas con el laboreo del suelo, dados los requerimientos de profundidad de los diferentes cultivos por laboreo sucesivo. Así también, por la preparación del suelo que se realiza a diferentes profundidades, evitando la producción de capas duras. Mantener un suelo siempre ocupado reduce la posibilidad de generar erosión del suelo.

Dentro de la plataforma *planpredial.inia.cl*, la definición de qué producir dependerá de la zona agroecológica de que se trate, cuyas características agroclimáticas permiten la producción de algunas hortalizas por sus requerimientos. También dependerá del agua disponible para riego, ya que cada especie de acuerdo a la época de producción, ciclo de cultivo y estado fenológico, tienen requerimientos definidos de volumen de agua y rendimiento esperado, por lo que es necesario conocer su demanda.

Además, hay que tener en consideración los recursos disponibles en el predio en términos de capital de trabajo (mano de obra, insumos, materias primas, entre otros), maquinaria y equipamiento. Un manejo agronómico adecuado de las especies a cultivar se debe considerar, tomando en cuenta que una rotación de cultivos hortícolas es generalmente intensiva en el uso de recursos. Esto debido a la gran variedad de especies que se pueden cultivar durante todo el año por la variabilidad climática (Kehr *et al.*, 2022).

Por su parte, hay que considerar la compatibilidad de cultivos hortícolas en una sucesión de estos (Cuadro 1), donde se indica con el número cero (0) las especies no compatibles (de la misma familia, y del mismo órgano de consumo) y con el número uno (1), las especies compatibles. Un ejemplo de ello es betarraga, incompatible con acelga, betarraga y espinaca, todas de la familia *Chenopodiaceae*, y a su vez incompatible con zanahoria, por ser ambas raíces, es decir, el mismo órgano de consumo (raíz).

Cuadro 1. Compatibilidad de especies hortícolas para rotar en un mismo suelo

Especie	Acelga	Ajī	Arveja verde	Betarraga	Brōcoli	Cilantro	Coliflor	Espinaca	Kale	Lechuga	Maīz	Poroto	Puerro	Repollo	Romanesco	Tomate	Zanahoria	Zapallo
Acelga	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Ajī	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Arveja verde	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Betarraga	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Brōcoli	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Cilantro	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Coliflor	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Espinaca	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kale	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Lechuga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Maīz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Poroto	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Puerro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Repollo	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Romanesco	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1
Tomate	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Zanahoria	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
Zapallo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

1: compatible; 0: no compatible.

Familias hortícolas

Una rotación de cultivos adecuada debe considerar alternar especies de diferentes familias, época de siembra y/o plantación, largo del ciclo del cultivo, combinar especies con diferente profundidad de arraigamiento para permitir un adecuado laboreo del suelo. Además, idealmente, alternar especies con diferente órgano de consumo, considerando dos a tres temporadas del suelo libre con el mismo órgano. Esto ayuda a reducir la presencia de problemas fitosanitarios, mejorar la estructura del suelo, entre otros beneficios. Cabe recordar que hay plagas y enfermedades de suelo comunes en especies dentro de la misma familia, por lo cual es necesario reducir los riesgos fitosanitarios de manera de utilizar la menor cantidad de pesticidas posible. Por su parte, y dada la escasez de alternativas al

control de malezas, uno de los problemas más importantes en la horticultura, la opción de alternar especies con diferente órgano de consumo y familias, permite reducir en parte la presión de malezas en el suelo. Sin embargo, para algunas de ellas, no hay herbicidas autorizados por el SAG para su uso, donde en algunos casos se realizan labores de escardado, ayudando a reducir la población de malezas.

Para la Región de La Araucanía, las familias de mayor importancia son:

Familia Brassicaceae: repollo, coliflor, brócoli, romanesco, kale, repollo de Bruselas, todos ampliamente distribuidos con importantes efectos benéficos en la salud humana como alimentos ricos en fibra, provitamina A, Vitamina C, compuestos azufrados, antioxidantes y otros, lo que ayudaría en el retardo del envejecimiento celular, en la prevención de ciertas enfermedades, incluyendo cáncer, y en la reducción del colesterol sanguíneo. Estas cualidades han llevado a que diversos estudios recomienden su incorporación en la dieta y a que el consumidor tome conciencia de la relevancia de su ingesta.

Esta familia botánica comprende especies originadas en zonas de clima templado, por lo que están adaptadas a desarrollarse y crecer en zonas con temperaturas moderadas. Las especies resisten heladas, especialmente en la etapa vegetativa del desarrollo, y no presentan susceptibilidad a daño por enfriamiento (DPE) (Krupur y Moreira, 1998).

Son plantas herbáceas, anuales, bienales (la mayoría) y perennes, cultivadas como anuales, y de hábitat terrestre a excepción del berro de agua. Presentan inflorescencia típicamente racimosa (formada por un eje principal que mantiene en su extremo un meristema apical) con pedicelos que sostienen flores hermafroditas, actinomorfas y con cuatro pétalos libres en forma de cruz (muy característico de la familia y razón de su anterior nombre: *Cruciferae*). El ovario es súpero, bicarpelar y origina un fruto seco, simple y más largo que ancho, llamado silicua (*Brassica*, *Rorippa*), o corto, casi tan largo como ancho, llamado silícula (*Eruca*, *Armoracia*); ambos son dehiscentes. En el caso del género *Raphanus*, el fruto es indehiscente, biarticulado, cilíndrico y esponjoso. Las semillas de las hortalizas de esta familia son pequeñas, numerosas y casi siempre globulares.

La familia Brassicaceae incluye nueve especies y seis variedades botánicas de *B. oleracea* de interés agrícola, agrupadas en cinco géneros, todas especies introducidas a América, algunas hace muchos años, otras aún casi desconocidas como rúcula, rutabaga y pak-choi, o de introducción muy reciente, pero creciente importancia, como brócoli.

Según indica Carrasco *et al.* (2005), como una práctica cultural, las especies de esta familia pueden ser utilizadas como cultivos o como residuos para ser incorporados al suelo como material para biofumigación, cuya descomposición libera el compuesto Allil isometiltiocianato, para controlar hongos y nemátodos, además de incorporar materia orgánica en beneficio de la estructura y propiedades químicas del suelo.

Familia Fabaceae: arveja verde, poroto verde, poroto granado, haba; es una familia numerosa, con especies hortícolas, leguminosas de grano, árboles, arbustos, forrajeras, entre otras. Presentan la propiedad de mejorar la fertilidad de los suelos, por la fijación de nitrógeno ambiental, a través de un proceso simbiótico con bacterias fijadoras de nitrógeno del género *Rhizobium*, donde la planta provee el nicho ecológico y la fuente de carbono, principalmente. La especie *Rhizobium leguminosarum* Frank. es huésped específico para los géneros *Vicia* y *Pisum*. La actividad de fijación de N de estas plantas sigue un patrón más o menos constante, caracterizándose por una etapa inicial de fijación creciente, con nódulos aumentando en número y tamaño hasta media floración, para posteriormente iniciar una etapa donde ocurren cambios degenerativos en la población de nódulos, declinando la actividad de fijación (Krarup y Moreira, 1998).

Esta familia agrupa plantas en su mayoría de clima templado y de clima cálido; de estación fría son arveja y haba, y de estación cálida, poroto y soya verde. Son moderadamente tolerantes a acidez y poco tolerantes a la salinidad del suelo.

Las especies cultivadas como hortalizas de estación fría son plantas herbáceas, de ciclo anual y de germinación hipógea, característica poco frecuente en la familia. Las hojas son alternas, estipuladas y compuestas, con folíolos en número par, los terminales ausentes o reemplazados por zarcillos. Son plantas de día neutro, aunque algunos tipos necesitan días largos para florecer. Las flores son perfectas, zigomorfas, y se presentan solitarias o en racimos, en posición axilar o terminal. Están conformadas de un cáliz de 5 sépalos soldados en la base y una corola papilionada o «amariposada» constituida por 5 pétalos muy característicos: uno dorsal, llamado estandarte o bandera, dos laterales, llamados alas, y dos ventrales, generalmente adheridos, que forman la llamada quilla, la que encierra estambres y pistilo. Presentan 10 estambres diadelfos (9 y 1) y un ovario súpero unilocular, con varios óvulos, que da origen al fruto simple, seco y monocarpelar, denominado legumbre, vaina o capi. El carpelo se separa en dos valvas, por lo que la vaina puede ser dehiscente en ambas zonas de unión de ellas, denominadas suturas. Las anteras liberan el polen antes de anthesis, por lo que la autopolinización es frecuente.

Las hortalizas de estación fría son dos especies cuya identificación taxonómica es *Pisum sativum* L. var. *macrocarpon* Ser. (arveja comelotodo), *Pisum sativum* L. var. *sativum* (arveja común) y *Vicia faba* L. (haba).

Familia Alliaceae: cebolla, ajo, puerro, chalota; incluye más de 500 especies del género *Allium*, la mayoría originarias de Eurasia y las hortalizas incluidas en este grupo se encuentran entre las plantas más antiguas cultivadas por el hombre. Son plantas de poca altura, de arraigamiento superficial a medio, con bulbos más o menos prominentes. Las hojas nacen de un tallo subterráneo y comprimido, siendo lanceoladas y de base tubular, por lo que conforman un falso “tallo”. Los tallos florales, o “escapos” florales, no presentan hojas, excepto una bráctea que protege la inflorescencia, umbela con numerosas flores pequeñas, de colores variables de blanco, pasando por amarillo y rosado, a azules, con seis estambres dispuestos en dos verticilos de tres, y con un ovario súpero, de estigma nudoso.

Cada ovario tiene tres lóculos con dos óvulos cada uno, pudiéndose generar un máximo de seis semillas por flor. Las semillas son pequeñas, de forma más o menos triangular, con una gruesa testa negra. Las características quizás más reconocidas del género *Allium* son su olor y sabor típicos, dados por compuestos azufrados que son liberados al dañarse o destruirse sus células. Estos compuestos han generado un renovado interés en el grupo, ya que presentan beneficios cada vez más reconocidos para la salud humana.

Desde Eurasia estas especies se diseminaron por todo el mundo hace muchos años, especialmente ajo y cebolla, llegando a constituirse en hortalizas de gran importancia en la mayoría de los países.

Familia Compositae o Asteraceae: lechuga, radicchio, endibia, alcachofa; esta familia es una de las más numerosas con unas 20 mil especies. Las hortalizas de esta familia están adaptadas a crecer y desarrollarse con temperaturas moderadas. En general, estas especies son originarias de regiones templadas.

Las hortalizas son plantas herbáceas anuales, bianuales y perennes, de hábito de crecimiento en roseta y determinado (el tallo principal y las ramas laterales terminan en una inflorescencia) de tamaño reducido en su mayoría, hojas opuestas o alternas, con estructura floral típica o inflorescencia denominada capítulo, con numerosas flores sésiles. Esta familia incluye siete especies de interés hortícola: achicoria, endivia, radicchio, cardo penquero, alcachofa y lechuga (Giacconi y Escaff, 1998; Krarup y Moreira, 1998). Cumplen su etapa vegetativa durante el invierno, florecen y fructifican hacia primavera-verano. Luego, si las temperaturas aumentan, emiten tallo floral y se inicia la etapa reproductiva, con una inflorescencia llamada capítulo, con numerosas flores sésiles.

Familia Chenopodiaceae: acelga, betarraga, espinaca, especies cultivadas como hortalizas; son plantas herbáceas, de hábito arrosado, terminando la fase vegetativa, a partir de la que nace el tallo floral iniciándose la etapa reproductiva. Este tallo sostiene la inflorescencia mixta típica de la familia, con flores agrupadas muy juntas formando glomérulos dispuestos en espigas terminales y axilares. Polinización anemófila (por el viento), y el fruto es un aquenio. Todas las especies fueron introducidas a América, siendo la acelga la primera de ellas, en tiempos de la colonia (Krarup y Moreira, 1998).

Familia Cucurbitaceae: zapallo italiano, zapallo camote, melón, sandía, pepino; comprende numerosas especies anuales o perennes, cultivadas comercialmente como anuales, sensibles a heladas y daño por enfriamiento, en general, de hábito postrado y rastrero, algunas guiadoras por zarcillos, hojas alternas lobuladas en las especies de interés hortícola. Polinización entomófila, flores axilares, solitarias, de color blanco o amarillo, de forma acampanada, y generalmente monoicas (flores masculinas y flores femeninas independientes). Las flores femeninas dan origen a un fruto denominado pepo o baya falsa. Las cucurbitáceas son plantas de siembra directa, ya que su sistema radical no es capaz de resistir un trasplante a raíz desnuda. Si fuera de interés realizar un cultivo de almácigo-

trasplante, este debe ser con raíz cubierta, por lo que es necesario algún tipo de recipiente. La familia cucurbitácea incluye once especies de mayor interés agrícola (Krarup y Moreira, 1998).

Familia Apiaceae: cilantro, apio, perejil, zanahoria. Esta familia agrupa más de 250 géneros y 2.500 especies, englobando especialmente especies de relevancia hortícola algunas utilizadas como especies con propiedades medicinales y nutracéuticas, para prevenir enfermedades. Se adaptan a temperaturas moderadas (15–18 °C), y solo son susceptibles a heladas muy intensas. Esta familia se distingue por ser plantas aromáticas con olor y sabor anisado muy típico. Plantas herbáceas, arrosetadas, y de hojas alternadas. Las flores se disponen en umbelas, y cada flor origina un fruto seco e indehiscente, característico de la familia, llamado esquizocarpo, en el cual se concentran los aceites aromáticos. La familia concentra varias especies muy antiguas traídas por los españoles, como zanahoria cilantro, perejil e hinojo (Giaconi y Escaff, 1998).

Familia Poaceae: maíz dulce; esta familia contiene más de 700 géneros y cerca de 8000 especies. El maíz, *Zea mays*, es muy importante como cereal y sus formas inmaduras como el choclo, desde el punto de vista hortícola, donde se distinguen el maíz dulce, cuya descripción, características y manejo se pueden encontrar en el respectivo capítulo de este boletín.

Época de siembra/plantación

Las especies pueden agruparse en producción de otoño-invierno y primavera-verano según sus requerimientos climáticos. Esto depende de las características de las variedades o híbridos comerciales existentes. Inclusive se puede señalar la adaptación de algunas especies más allá de dichos períodos:

- *Otoño-invierno:* especies cuya siembra o trasplante se realiza en los meses de otoño (marzo-junio), crecen y se desarrollan entre otoño e inicios de primavera (marzo-septiembre). Entre ellas se puede mencionar la lechuga, cilantro, puerro, brócoli, coliflor, arveja, otras. Cabe señalar que en algunas especies existen variedades para diferentes épocas de producción.
- *Primavera-verano:* especies que requieren mayores temperaturas para su crecimiento y desarrollo, tales como zapallos, tomate, ají, poroto verde, brócoli, coliflor, haba, lechuga, entre otras.
- De siembra escalonada durante todo el año: cilantro, lechuga, espinaca, entre otras.
- *De siembra anual:* depende según la zona agroecológica en la que se encuentre dentro de La Araucanía. Por nombrar algunas están: zanahoria, betarraga y maíz dulce, cuya siembra se puede realizar desde agosto a diciembre, estando su cosecha entre marzo y junio.

- *Perennes*: se consideran perennes, aquellas especies que permanecen en producción más allá de dos temporadas, tales como espárrago y alcachofa.

Profundidad de arraigamiento

La profundidad de arraigamiento es una variable clave para tener en cuenta cuando hay que decidir el tipo de hortaliza que se desea cultivar, conocer la disponibilidad de agua, equipamiento para la preparación del suelo, entre otras. La clasificación según profundidad de arraigamiento se indica en el cuadro 2.

Cuadro 2. Clasificación de las hortalizas según profundidad de arraigamiento

Tipo de arraigamiento	Hortaliza
<i>Superficial</i> (profundidad menor a 60 cm)	Ajo, cebolla, repollo, coliflor, brócoli, espinaca, lechuga, puerro, cilantro
<i>Medio</i> (profundidad entre 60-120 cm)	Pimiento, ají, betarraga, zanahoria, poroto, arveja, pepino ensalada, zapallo italiano
<i>Profundo</i> (profundidad mayor a 120 cm)	Tomate, zapallo de guarda, alcachofa, espárrago

Fuente: Krarup y Moreira, 1998.

Órgano de consumo

La clasificación botánica por sí misma no es suficiente para clasificar las hortalizas, ya que especies pertenecientes a una misma familia botánica se pueden cultivar para diferentes órganos de consumo o destino (Swiader y otros, 1992). Por ejemplo, algunos miembros de la familia *Apiaceae* (ex *Umbelliferae*) son cultivados por sus hojas, como el cilantro y perejil, y otros por sus raíces, como es el caso de la zanahoria. Por otro lado, la producción y prácticas de manejo de hortalizas con diferente órgano de consumo difieren considerablemente, incluso dentro de cada grupo de requerimientos y manejos similares.

El órgano de consumo corresponde a la parte comestible de la planta. Así, las hortalizas, de acuerdo a su órgano de consumo, es posible clasificarlas como se presenta en el cuadro 3.

Cuadro 3. Clasificación de hortalizas de acuerdo al órgano de consumo

Órgano	Hortaliza
Raíz	Betarraga, zanahoria, rabanito, rábano, nabo, salsifi
Tallo	Espárrago, colirábano
Bulbo	Ajo, cebolla, chalota
Hoja	Lechuga, acelga, espinaca, cilantro, perejil, repollo, endivia, kale, puerro
Inflorescencia	Brócoli, coliflor, alcachofa, romanesco
Fruto inmaduro	Arveja, poroto verde, pepino ensalada, ají, zapallo italiano, choclo, pimiento
Fruto maduro	Tomate, ají, pimiento, melón, berenjena, zapallo
Pecíolo	Apio, ruibarbo, hinojo

Fuente: adaptado de Swiader *et al.*, 1992; Krarup y Moreira, 1998.

Largo del ciclo de vida

De acuerdo al ciclo, las hortalizas se clasifican en anuales, bianuales y perennes. Aunque se cultivan como anuales, muchas hortalizas son de hábito bianuales o perennes. El espárrago, el ruibarbo y la alcachofa son las hortalizas que realmente son cultivadas como perennes. Tomate, pimiento y berenjena son perennes en sus ambientes originales, pero se cultivan como anuales para la producción hortícola en zonas templadas. Las bianuales, cuyas partes vegetativas son comercializadas (excepto brócoli y coliflor), son cultivadas como anuales (Swiader *et al.*, 1992).

Es importante tener en cuenta la duración del período entre la siembra/trasplante hasta la cosecha, para programar las rotaciones. También, el comienzo desde la preparación de suelo se debe considerar al menos un mes antes y el período de cosecha de cada especie, que se puede extender mucho más allá de la madurez fisiológica con calidad de mercado. La existencia de cultivares precoces, intermedios y tardíos, la época de siembra/plantación, las condiciones climáticas, el sistema de establecimiento de siembra directa o de almácigo-trasplante, las labores culturales, entre otros factores, son importantes de considerar para programar una secuencia de cultivos (Cuadro 4).

Cuadro 4. Clasificación según período de siembra a cosecha de hortalizas de importancia en La Araucanía

Días			
< 60	60-120	121-180	>180
Acelga	Arveja	AjÍ	Ajo
Cilantro	Betarraga	Apio	Alcachofa
Espinaca	Brócoli	Haba	Cebolla
Lechuga	Coliflor	Pimiento	Espárrago
Perejil	Maíz dulce	Puerro	
Zapallo italiano	Lechuga	Repollo	
	Pepino ensalada	Tomate	
	Poroto verde	Zanahoria	
	Poroto granado	Zapallo	
	Repollo		
	Tomate		

Fuente: adaptado de Krarup y Moreira, 1998.

Época de producción

Para efectos de la planificación de sistemas productivos, en algunas hortalizas se han considerado dos temporadas de cultivo-producción: otoño-invierno y primavera-verano, que dependerá de los requerimientos de cada especie, las condiciones climáticas y la existencia de variedades que se adapten a dichas condiciones. En *planpredial.inia.cl*, se han considerado ambas temporadas en brócoli, coliflor, espinaca, kale, puerro, repollo y romanesco.

La experiencia de INIA Carillanca con el programa GORE-INIA en la región permite señalar que es posible mantener el suelo ocupado la mayor parte del tiempo, con lo que se logra también obtener la máxima rentabilidad del suelo en un sistema hortícola.

Un ejemplo de un sistema productivo hortícola real (Figura 1) considera las variables descritas, planificando con algunas de las especies seleccionadas, dependiendo de la superficie disponible, de los potreros existentes y de la época de inicio del cultivo (Kehr *et al.*, 2022), generando una secuencia para una rotación de un potrero, como sigue:

- 2A: inicio del sistema en la temporada primavera-verano, con una hortaliza de hoja de siembra directa (espinaca) y de trasplante (puerro) en noviembre.

- 2B: luego de la cosecha, en la temporada 2 inicia un nuevo cultivo de hortaliza de fruto inmaduro (haba-arveja), época de otoño-invierno en junio.
- 2C: como ambos son cultivos de ciclo largo, a fines de la temporada 3 (primavera-verano), se cosechan en diciembre.
- 2D: siembra de hortaliza de raíz (betarraga) en enero, iniciando la temporada 4.

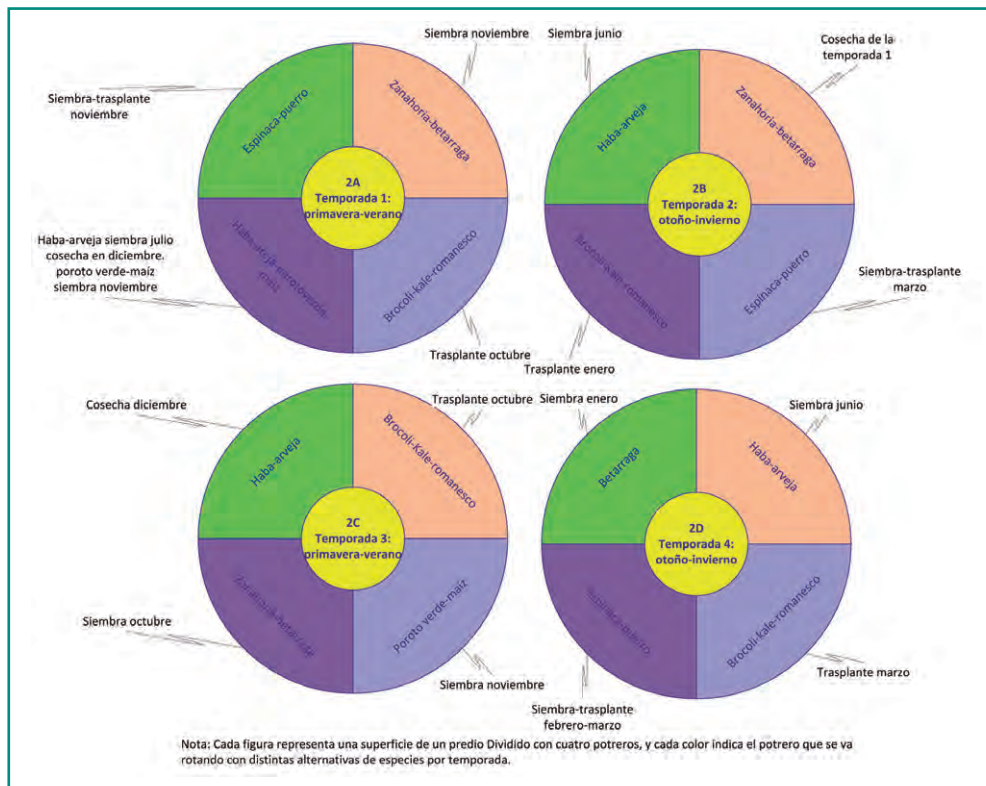


Figura 1. Ejemplo de rotaciones con las hortalizas consideradas en el programa financiado por el Gobierno Regional, para la zona agroecológica de precordillera durante cuatro temporadas agrícolas.

Adaptado de Kehr *et al.* (2022)

Según esta secuencia en el potrero de color verde, se puede decir que en cuatro temporadas se logra producir tres tipos de hortalizas de órgano de consumo distinto. Haciendo el mismo procedimiento anterior, pero cambiando al potrero color lila, se obtiene la siguiente secuencia:

- **2A:** inicio con una hortaliza de fruto inmaduro (haba-arveja) en julio cosechando en diciembre, y siembra de maíz en noviembre en la temporada 1, época primavera-verano.
- **2B:** desocupado el suelo se planta una bráscica (brócoli-kale-romanesco) en enero, con almácigos sembrados en noviembre, y cosecha en época otoño-invierno.
- **2C:** desocupado el suelo se siembra una hortaliza de raíz en octubre (zanahoria-betarraga) en la temporada 3, época primavera-verano.
- **2D:** una vez cosechadas las raíces, se inicia la temporada 4 (época otoño-invierno) con siembra de espinaca y trasplante de puerro en febrero-marzo.

Según esta secuencia, en el potrero de color lila se puede decir que aplicando las variables descritas durante cuatro temporadas se logra producir cuatro tipos de hortalizas de órgano de consumo distinto.

La información levantada de manera real en el programa GORE-INIA Hortalizas ha permitido planificar una serie de combinaciones y secuencias de cultivos hortícolas posibles, teniendo en consideración todos los factores descritos en este capítulo, lo que se refleja en la plataforma de gestión *planpredial.inia.cl*, que se aborda en capítulo correspondiente del presente boletín.

Referencias

Carrasco, J., González, S. y Lundstedt, J. 2005. Tecnologías de desinfección de suelos y sustratos en hortalizas. En: Kehr, E. (ed). Seminario: "Fitosanidad en hortlizas para la zona sur". INIA. Serie Actas N°31: 53-70.

Giaconi, V. y Escaff, M. 1998. Cultivo de hortalizas. 13ª edición. Universitaria. Santiago-Chile. 337p.

Kehr, E., Saavedra, G., Bastías, M., Fontanilla, C. y Sandoval, B. 2022. Rotación de cultivos hortícolas para la Región de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informativo INIA Carillanca N°164. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68656> (Consultado: 21 noviembre 2022).

Krarp, C. y Moreira, I. 1998. Hortalizas de estación fría. Biología y diversidad cultural. P. Universidad Católica de Chile, VRA, Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Santiago, Chile. http://www.puc.cl/sw_educ/hort0498.

Swiader, J., Ware, G. y McCollum, J. P. 1992. 4ª Edición. Producing vegetables crops. Interstate Publishers, Inc. Danville, Illinois, EEUU. 307p.

Riego presurizado: componentes e instalación

Claudio Fontanilla González,
Técnico Universitario en Producción Agropecuaria
Maritza Bastías Millanao, Ing. Agrónomo, Magíster©



Introducción

En Chile, el agua dulce que se ocupa en riego proviene de tres fuentes: superficiales, subterráneas y precipitaciones de lluvia o nieve. Un alto porcentaje del agua dulce es utilizada en agricultura, por lo que se puede impactar de forma positiva si se realiza un buen uso de este recurso. Pero, ¿cómo se puede lograr? A nivel agrícola, el mayor uso de agua está relacionado con los riegos. Si bien las precipitaciones aportan como agua natural a las especies, no siempre es suficiente para la demanda enfocada en la época estival, incrementando con el aumento de las temperaturas.

El riego proporciona la cobertura a la demanda hídrica del cultivo, pero sin una eficiente instalación y cálculo de ésta, podemos estar desaprovechando el agua para el fin antes mencionado.

El presente capítulo pretende ser una ayuda y guía para la instalación de un sistema de riego basal, así como también acercar los conceptos técnicos a los términos utilizados por los agricultores para facilitar su comprensión, sin incluir cálculos ni fórmulas.

Instalación de riego

El primer paso dentro de la instalación de riego es verificar cuál es la fuente de agua disponible (pozo profundo, pozo noria, canal, u otro). La importancia de identificar la fuente de abastecimiento radica en la forma de succión de la misma. Así, por ejemplo, al considerar agua de un canal es importante tener en consideración que estas aguas siempre vienen con elementos que podrían afectar el ingreso del agua al sistema tales como hojas, lodo, ramas, entre otros.

Cuando se consideran estas variables es posible actuar de forma preventiva, cerrando con algunos tipos de malla un pequeño sector donde se ubicará la válvula de aspiración (chupador, sapo). Convenir que existen fuentes más limpias en las que este paso no es necesario.

Además, todo este proceso va de la mano con el objetivo productivo, existiendo considerables diferencias entre riego de frutales y hortalizas. También, existen diversos tipos de riego con eficiencia relativa, donde la cantidad de factores que inciden en la elección de un sistema de riego es variada, mencionando entre otros: fuente de abastecimiento, topografía, tipo de suelo, condiciones climáticas del sector, tipo de cultivo, superficie a regar, eficiencia, capital de inversión y costos de operación entre otros (López-Olivari, 2016).

Considerando todos estos aspectos, se está en condiciones de realizar la mejor elección del sistema de riego, que puede ser por gravedad, presurizado o mixto y poner en marcha la instalación.

Principales componentes en un sistema de riego

Un sistema de riego está compuesto por un cabezal de riego, una red de distribución de tuberías y los emisores.

1. Cabezal de riego

El cabezal de riego o centro de control es el conjunto de equipos y elementos de riego utilizados para darle energía al sistema, filtrar el agua, fertilizar y controlar presiones y caudales (Maldonado, 2001).

Sistema de bombeo: es el corazón del sistema impulsor el cual genera la potencia para mover o impulsar el agua desde la fuente hasta el cultivo, entregando presión y caudal al sistema. Generalmente, este elemento se encuentra asociado a las bombas hidráulicas existentes, donde se reconocen dos tipos: *motobombas*, que emplean motores a combustión y, por lo tanto, su fuente de alimentación son los combustibles (Figura 1a) y *electrobombas*, que funcionan con motores eléctricos, cuya fuente de energía va en función de la potencia de la misma (Figura 1b).

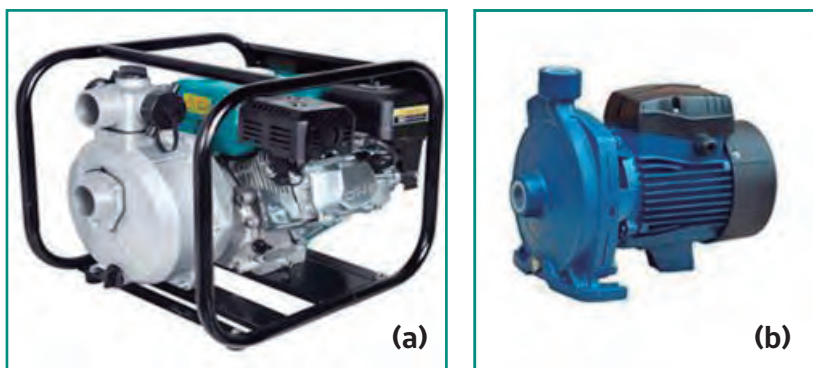


Figura 1. Motobomba (a) y electrobomba (b)

Filtrado: estos elementos tienen la función de evitar que pasen al sistema elementos más pequeños, como arena y grava, reduciendo una pérdida de presión en los emisores y un riego no homogéneo. Existen filtros de malla (Figura 2), de anillas (Figura 3), e hidrociclones. Para proyectos pequeños basta con el de malla.



Figura 2. Filtro de malla

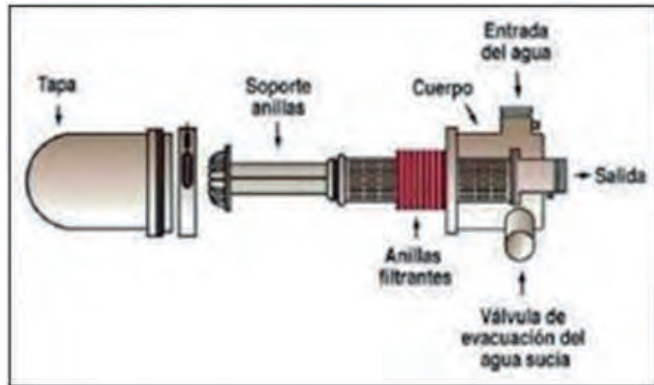


Figura 3. Filtro de anillas (Fuente: cosmoplas.com)



Figura 4. Válvula de aire

(Fuente: Agromatica.es 2022)

Válvulas de aire: es importante mencionar este elemento, comúnmente olvidado, cuyo aporte en el cuidado y funcionamiento es vital, ya que reduce las acumulaciones excesivas de aire en las tuberías, evitando, por ejemplo, el golpe de ariete y la cavitación (Figura 4).

Manómetro: es un utensilio de medida de la presión en fluidos (líquido y gas) en circuitos cerrados. Calcula la diferencia entre la fuerza real o absoluta y la presión atmosférica, llamándose a este valor, fuerza manométrica. Lo que realmente hace es comparar la presión atmosférica con la interna del circuito por donde circula el fluido. Por eso se dice que los manómetros miden la presión relativa (Adaptado de redeweb.com). En riego, estos valores son importantes para verificar si tenemos obstrucciones en las líneas y, sobre todo, si tenemos saturados los filtros.

Fertirrigación: la forma de aplicar fertilizantes a los cultivos ha evolucionado llegando a la fertirrigación que es aplicar fertilizantes mediante el riego en la medida justa a las plantas. Esto supone un avance que trae muchas ventajas, pero requiere ciertos cuidados en su uso. Este elemento se menciona, ya que de incluirlo en el proyecto de riego, va dentro del cabezal de riego. Existen métodos un poco más simples que se pueden incluir un poco antes de la línea principal de los cultivos, pero requiere algunos elementos extras para su aplicación. Así, la inyección se realiza mediante una bomba independiente, principalmente para grandes cantidades de fertilizante, por succión directa de la bomba, en el que hay que revisar constantemente el desgaste de ésta. El otro es el tipo Venturi, uno de los más utilizados, que consiste en una pieza tipo T que angosta el paso del líquido, generando velocidad y por ende compensa la falta del mismo, produciendo succión del punto de captación (Figuras 5 y 6).

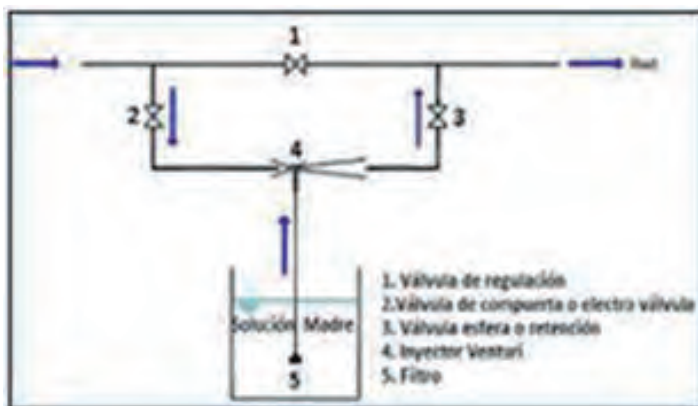


Figura 5. Esquema de inyector tipo Venturi

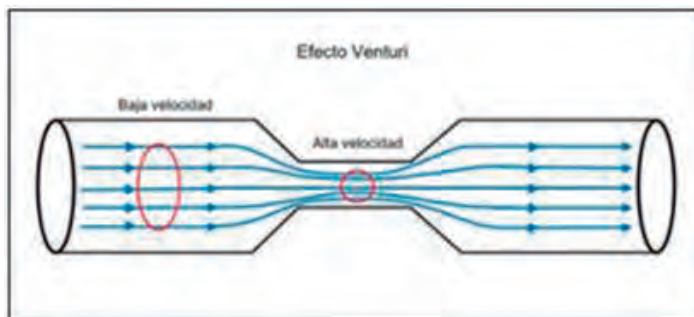


Figura 6. Esquema efecto Venturi (portalfrutícola.com) (Tapia V.L.M, 2015)

Controladores: estos pueden ser opcionales y se justifican en áreas extensas de riego. La ubicación es dentro del cabezal y es imprescindible, ya que permiten programar los riegos por sectores. El tiempo de riego puede ser controlado, a través de la duración, inyección de fertilizantes, sectores a regar y periodicidad. Esto no significa que haya que revisar de forma aleatoria dichos sistemas, ya que algunos se desconfiguran ante las interrupciones de energía (cortes eléctricos por bajas de voltaje).

Además, en el mercado existen opciones más económicas y muy funcionales. Por ejemplo, para el uso en invernaderos, que funcionan de manera independiente, baterías o pilas (Figuras 7 y 8).



Figura 7. Ejemplo de controlador (Central riego.cl 2016)



Figura 8. Programador riego a pilas (Central riego.cl 2016)

2. Red de distribución

La red de distribución son las tuberías encargadas de conducir el agua desde el cabezal a las plantas. Éstas pueden ser de conducción y líneas emisoras.

Tubería de conducción: pueden dividirse en primaria, secundaria y terciaria, y los diámetros son hasta 225 mm, y los materiales más usados son el de policloruro de vinilo (PVC), aluminio y metálicas (Maldonado, 2001).

Sin embargo, las tuberías de PVC deben ir enterradas en zanjas, y la profundidad y ancho corresponden a una relación mm/tránsito del lugar (Figura 9). Estas medidas deben ser respetadas, ya que el peso de la maquinaria podría romper la tubería en caso de que no se respete la profundidad.

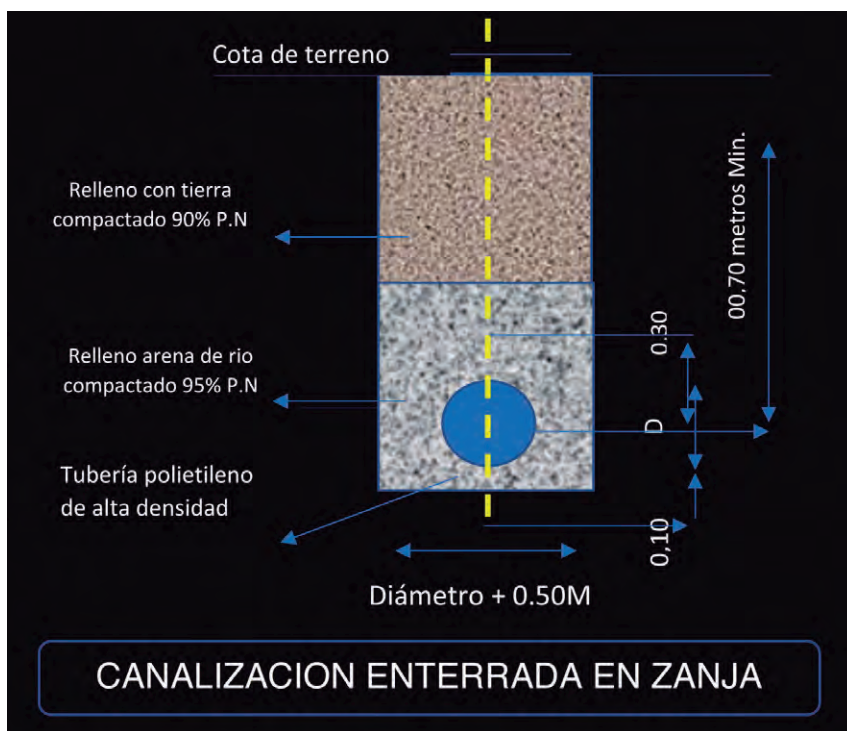


Figura 9. Medidas y materiales a usar en zanjas de canalización (Ingemecanica.com)

Tubería primaria: también denominada matriz o línea principal, es la de mayor diámetro en la red, su función es conducir el agua hasta las diferentes derivaciones.

Tubería secundaria: corresponde a tuberías de menor diámetro que la primaria y son las encargadas de llevar el agua a los subsectores.

Tubería terciaria o múltiple: es la encargada de distribuir el agua hacia las líneas de gotero, en diámetros más pequeños que las secundarias (más usada 16 mm), pudiendo variar diámetros en su diseño. Para estos ramales generalmente se utiliza polietileno de baja densidad (plansa), generando en las salidas los conocidos “chicotes”.

Descripción de nomenclatura en tubo PVC: ¿Qué significa? Esta serie de nombres, medidas y letras tienen un significado; incluiremos la explicación para una mayor comprensión (Figura 10).

xxxxxxx S.A. PVC U PRESION DN 40mm x 1.9mm PN10-MO3 LA 14/10/2016 09:57:56-11. Nch399 2011 CERTIFICACIÓN CESMEC

Figura 10. Tubo de PVC con nomenclatura

Todas las tuberías van marcadas con los siguientes datos:

Nombre del fabricante: XXXXXXXX S.A.

Material: PVC-U

Denominación: PRESIÓN

Diámetro nominal y espesor de pared nominal: por ejemplo 40 x 1.9

Presión nominal PN en bares: por ejemplo, PN 10

Código de máquina: por ejemplo, M-C03

Fecha y hora: por ejemplo, 14/10/2016 09:57:56

Turno: por ejemplo, T-1

Norma: NCh 399-2011

Empresa certificadora: Cesmec (Fuente: Catálogo técnico tuberías petroflex).

Manguera LayFlat, tipo bombero: este tipo de manguera plana tiene versatilidad y ventajas al usarse como línea principal o secundaria con conectores de líneas (Figura 11). Tiene alta resistencia al clima, se encuentra revestida con filtro UV, hilados de poliéster de tres capas, soportan presiones altas (hasta 10 bares), el interior de la manguera reduce la fricción reduciendo pérdidas de carga. Una de las características más importantes es que se puede recoger de los lugares asignados, al no estar enterradas, al ser línea principal y no estar en uso, el tránsito del tractor sobre la misma no genera problemas.



Figura 11. Manguera LayFlat con conectores en plantación y parcela completa

Emisores

Los emisores son dispositivos que controlan la salida del agua desde las tuberías laterales y se caracterizan por reducir la presión hasta prácticamente cero (Maldonado, 2001). Para seleccionarlos es necesario que cumplan con las siguientes características:

- Caudal relativamente bajo, pero uniforme y constante, siendo poco sensible a las variaciones de presión.
- Diámetro y velocidad de paso de agua suficiente para que no se obture fácilmente.
- Fabricación robusta y poco costosa, uniformidad y resistencia.
- Estabilidad de la relación caudal–presión a lo largo de su vida.
- Poca sensibilidad a los cambios de temperaturas.
- Reducida pérdida de carga en el sistema de conexión.

Los emisores se pueden clasificar en tres grupos:

Goteros o tuberías de goteo: esta forma de riego localizado permite distribuir de manera más uniforme el riego, debido a la tecnología aplicada en los goteros, que permiten entregar caudales variados al modificar la presión de trabajo. Pueden ser los tipos botón, goteros incorporados en la línea de riego y autocompensados (que no varía la descarga entre un rango de presiones según fabricante).

Tipo botón: en los que se perfora la línea para insertar el gotero a la distancia deseada con el caudal necesario, de fácil reemplazo, pero susceptibles al taponamiento (Figura 12a).

Insertados: llamados interlínea, menos conocidos, van intercalados en la línea, cortando la tubería se intercala el gotero, fáciles de cambiar en algunos casos particulares (Figura 12b).

Autocompensados: contienen una membrana que funciona oponiendo resistencia a mayor presión o que ocasiona una uniformidad general en la línea de riego, en terrenos con mucha diferencia los goteros entregan la misma cantidad de agua en la línea (Figura 12c).

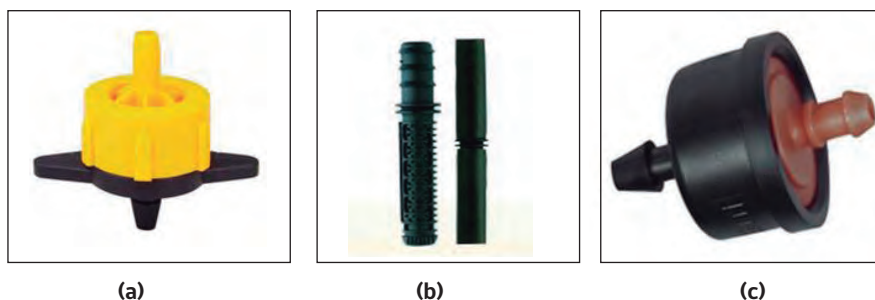


Figura 12. Tipos de goteros a) Gotero de botón. b) Gotero insertado. c) Autocompensado

Micro aspersor: consiste en aplicar riego en forma de llovizna fina, distribuida en diámetros no superiores a 3 metros con dispositivos de bajo caudal y presión.

Microjet: emite el agua en forma de rayos (jets) sin rotar. Es estático (no posee partes móviles). La principal diferencia entre Microaspersión (MA) y Microjet (MJ) está dada por la rotación del micro aspersor (Figura 13), al contrario del microjet que tiene ángulos fijos. Las ventajas en estos sistemas radican en que entregan agua reducida pero uniforme. Además, estos se adaptan a la topografía, son de bajo costo respecto de otros sistemas, fáciles de inspeccionar y, debido al paso del agua, es menos probable que se obstruyan, entre otras.



Figura 13. Micro aspersores en funcionamiento, cultivo bajo. Agrohuerto.com.

Cinta de riego: la cinta es de pared delgada, lo que permite hacerla plana y enrollarse. Los goteros son integrados a espacios determinados entre ellos, que están en relación al cultivo a desarrollar. La duración de este elemento es directamente proporcional al calibre de la cinta, que va desde un uso hasta siete en las más gruesas. Algunas medidas más ocupadas son descritas a continuación (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tipos de cintas

Modelo	Pared (mm)	Espacio entre goteros	Caudal goteo	Caudal L/h * metro	Rollo m
8 mil-20	0,20	20 cm	1,5	7,50	800
8 mil-20	0,20	20 cm	1,5	7,50	2600
8 mil-20	0,20	30 cm	1,5	5,00	2800
10 mil-20	0,25	20 cm	1,5	7,50	2100
10 mil-30	0,25	30 cm	1,5	5,00	2300
15 mil-30	0,40	30 cm	1,5	5,00	1400
24 mil-30	0,60	30 cm	1,5	5,00	800

Fuente: (Hidroservice.com).

La cinta plana (Figura 14) ha incrementado su uso de forma importante. Así, algunas recomendaciones para el correcto uso y duración son las siguientes:

- Ubicar línea de color hacia arriba: permite goteo sin interrupción y sin taponamiento.
- Lo ideal es agregar al final de la línea algún elemento para despiche y, según el cultivo y ordenamiento predial, se recomienda una llave al comienzo de la línea.
- El almacenamiento debe ser de manera de evitar daño por animales o ambiente.
- En limpieza manual poner atención a las cintas que, por lo general, son dañadas con elementos cortantes como raspadores o azadones.
- Retirar enseguida terminado su uso. El tardar en retirar permitirá que crezca maleza y resulte más laborioso sacarlas y se podrían dañar.
- En inicio de temporada, limpiar chicotes o puntos de conexión, estos generalmente quedan en contacto con el suelo y quedan con tierra, barro o insectos en su interior, que al conectar a la cinta pasan y bloquean los goteros.
- Al finalizar su vida útil, depositar en lugar adecuado para reutilizar o desechar de manera correcta.



Figura 14. Cinta de riego instalada en un cultivo de haba

Armado: el diagrama, plano o diseño es fundamental en todo el proceso. Además, el diseño agronómico deber ser considerado, así como las distintas variables en este proceso. A continuación se muestra un diseño simple para representar el flujo (Figura 15).

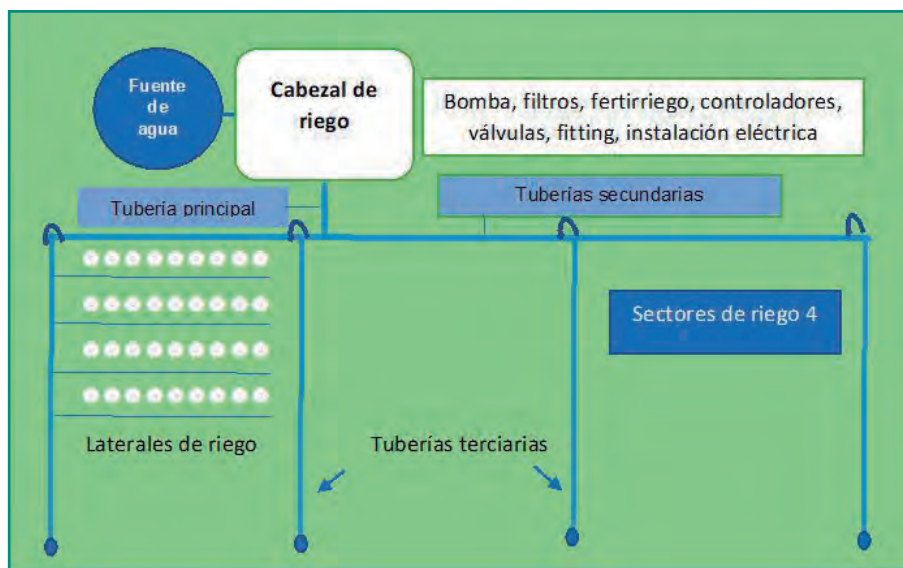


Figura 15. Esquema básico de riego dispuesto en el campo

En este diseño, hay que describir las piezas que van en cada zona:

Fuente de agua: en esta zona la succión es lo principal. Para eso se utiliza una válvula de pie ("chupador"), terminal HE (hilo por fuera), tubería unión americana, codo 90° cementar HI (hilo por dentro), Niple presión HE-HE, Teflón hidráulico (blanco) y pegamento para PVC (secado rápido o normal). Las piezas, materiales y medidas, dependerán de cada proyecto (Figura 16).

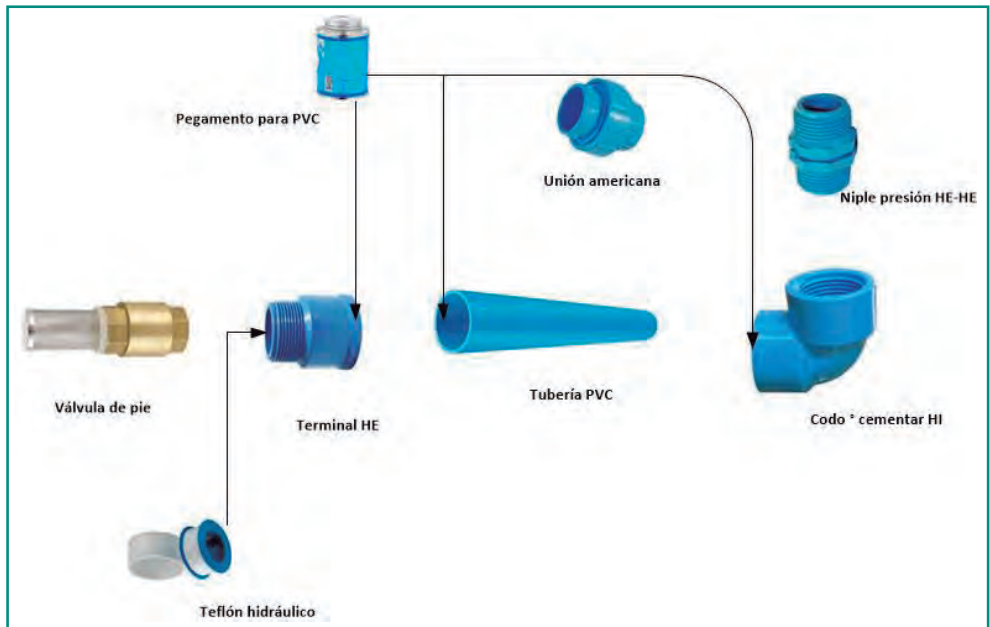


Figura 16. Partes y piezas de conexión de zona succión de fuente de agua

Las piezas que presentan rosca deben ser usadas con Teflón en sentido del apriete, mientras que las piezas lisas deben llevar pegamento. Así, cuando se utiliza pegamento se recomienda pasar una lija para generar una zona áspera que mejora la fijación del pegamento, sobre todo en piezas expuestas al aire libre o que no son nuevas.

Distribución (cabezal): el niple del armado anterior va en la succión de la bomba. Es conveniente dejar uniones americanas en tramos donde haya que hacer mantenencias o limpiezas a la bomba, también es muy útil cuando se daña parte de la tubería.

En el cabezal están todos los elementos de control, bomba hidráulica, conector HE cementar, tee HI, niple presión, tubería, llave de bola y PVC, manómetros, filtro de malla, collarines, conectores HI cementar, válvula de aire, caudalímetro y válvula de retención (Figura 17).

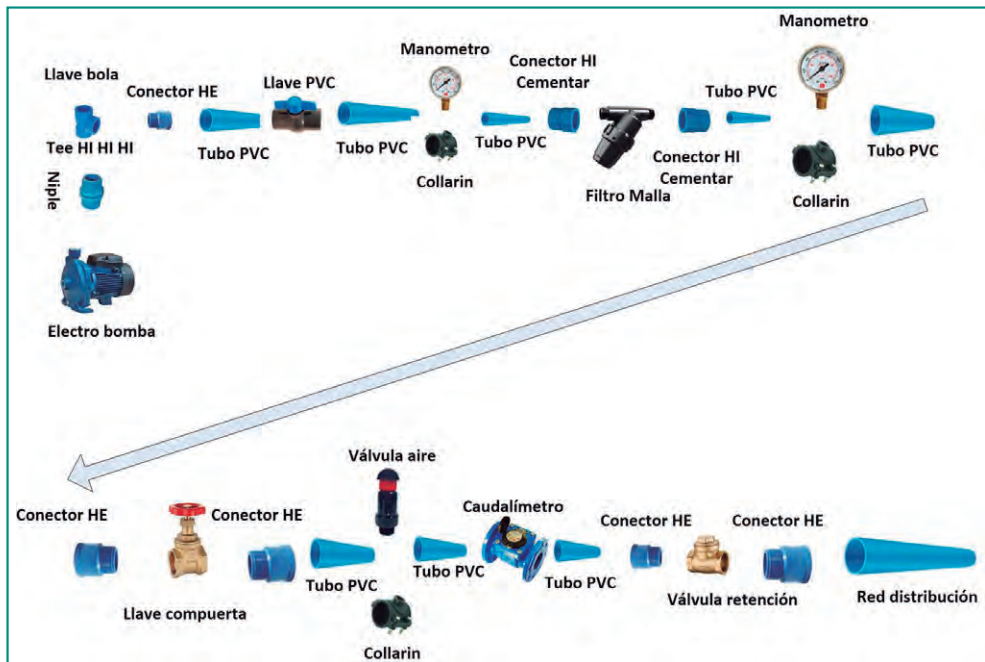


Figura 17. Armado de partes y piezas de cabezal de riego

Fertirriego: la fertirrigación permite reducir las unidades de fertilizantes que se utilizan, con un considerable aumento en la eficiencia, y mejorar la racionalización al efectuarse con la debida dosificación, oportunidad y fraccionamiento (Imas, 2004).

En el esquema de riego, estos elementos deben ser ubicados en el cabezal en la parte correcta, algunos agricultores ocupan la succión directa de la bomba para inyectar fertilizantes, pero esta práctica podría terminar dañando elementos tan importantes como el rodete en la bomba, el inyector Venturi y el vacío que genera no necesita de una fuerza externa para funcionar y eso permite que el punto de inserción al sistema pueda ser incluso un poco antes de llegar a cultivo (Figura 18).

Si la inyección es en grandes superficies, estas deben contar idealmente con los tres estanques individuales (tanque 1: micronutrientes y nitrato de calcio; tanque 2: sulfatos y fósforo; y tanque 3: ácidos), así como con los elementos necesarios para su funcionamiento: bombas de aire para realizar la mezcla, bombas inyectoras con materiales más durables y controladores individuales, entre otros.



Figura 18. Sistema de fertirrigación que se muestra el Inyector Venturi, instalado a metros del inicio de la siembra

Materiales basales: inyector Venturi, llaves de bola PVC, llave de compuerta, codos 90°, tee. Opcional se puede agregar una llave de llenado, aunque resulta muy útil tenerla en este punto como muestra la imagen anterior, la forma de instalación puede ser tanto vertical como horizontal, solo depende de factores como el espacio, entre otros (Figura 19).

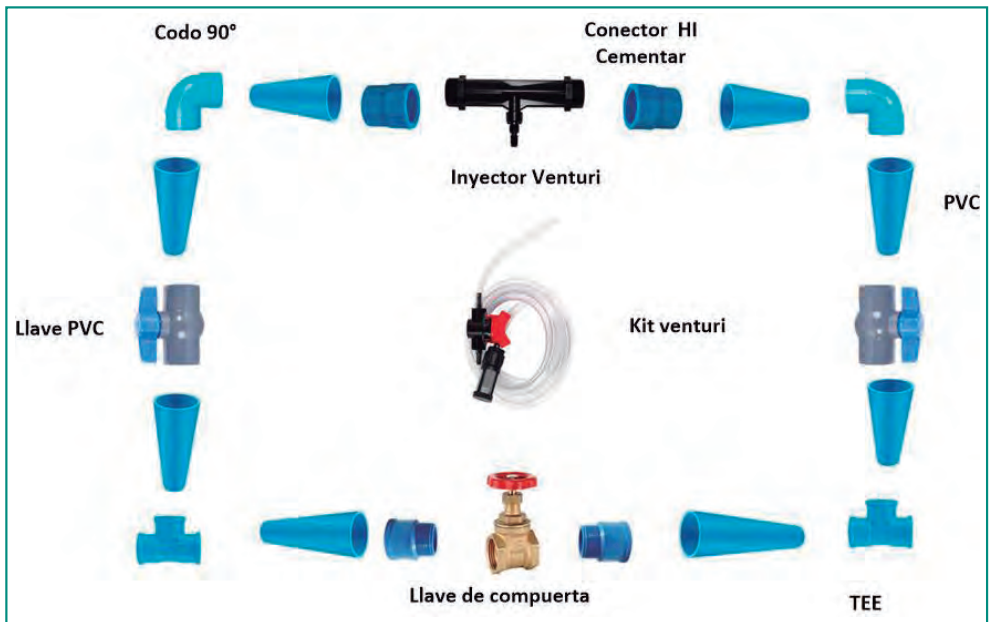


Figura 19. Partes y piezas de instalación de Venturi para fertirrigación

Redes de distribución: las redes de distribución pueden usar distintos tipos de uniones y/o conectores; todo depende del diseño, topografía, entre otros factores. El ideal es que las redes de distribución tengan la menor cantidad de quiebres de sentido, para así evitar pérdidas de carga, que no es otra cosa que pérdida de volumen de agua por fricción de codos, por ejemplo, y la misma tubería. También, en este punto se consideran los sectores que son canalizados de forma distinta a una línea principal, que son derivadas por un nodo o clúster, generalmente con una electroválvula si es automatizado y si es de forma manual, solo con llaves.

Materiales: tuberías de presión de distintas pulgadas, uniones tipo tee, codos, conectores, collarines, planza (para chicotes), conectores de diversos tipos (Figura 20).

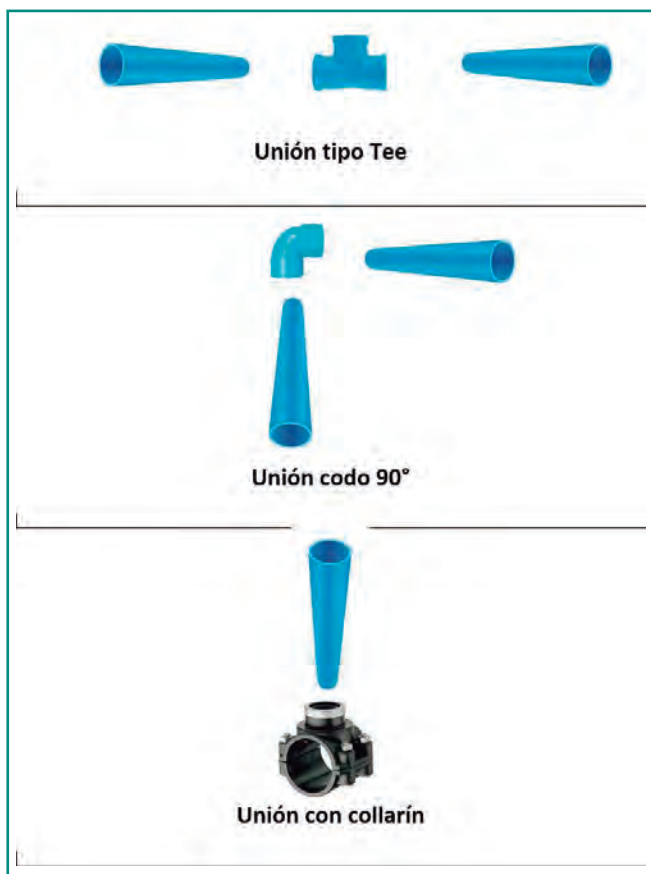


Figura 20. Tipos de uniones más comunes para redes de distribución

Armado de derivación a emisor (chicote): para este paso necesitaremos cañería de polietileno, conector y goma gromit y unión de cinta o plansa (Figura 21).



Figura 21. Partes y piezas de armado de derivaciones a emisor (chicote)

Finalmente, las líneas de goteo se unen de las derivaciones del diagrama anterior, llegando al diseño con uso de cinta de riego plana (Figura 22) o polietileno (plansa) (Figura 23), donde para finalizar existen opciones, una de ellas es el conector Plansa cinta con llave o mini válvula que puede servir de “despiche”, o se puede utilizar tapón cierre de cinta.



Figura 22. Partes y piezas para instalación de cinta plana



Figura 23. Partes y piezas para instalación de polietileno (plansa)

Para la duración del sistema es importante tener un desague (despiche) al final de la línea o cinta que debe ser drenada con periodicidad para sacar algunos elementos que pudieran haber pasado a través de los filtros u otro acceso. También es válido recordar que las uniones roscadas llevaran teflón hidráulico y las uniones lisas pegamento para PVC, las que deberían ser porosas a través de algún elemento como lija. Cada proyecto es único debido a las condiciones individuales de cada terreno, por eso este documento es solo referencial, pudiendo variar los elementos, así como los materiales de los mismos, longitudes y cantidades.

Referencias

Agromatica.es. La web de referencia en agricultura. Fecha de consulta: 11 diciembre, 2022. <https://www.agromatica.es>

Catálogo Técnico PEAD. Catálogo técnico tuberías PVC petroflex, fecha de consulta 27 de noviembre 2022. 55p.

Figuroa, J. 2009. Chileriego, Artículo técnico: Riego a la vena, Planeta goteo la máxima eficiencia. 7p.

Imas, 2004. Citado por FIA, 2009. Técnicas de producción hortícola en el sur de Chile: manuales FIA de apoyo a la formación de recursos humanos para la innovación agraria. Santiago, Chile.174p.

López-Olivari, R. 2016. Manejo y uso eficiente del agua de riego intrapredial para el sur de Chile: Conceptos y consideraciones básicas en métodos y programación de riego para optimizar el recurso hídrico. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Centro Regional Carillanca. Km 10 camino Cajón Vilcún. 156p.

Maldonado, I. (Ed) 2001. Riego y Drenaje Guía del Extensionista. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chillán, Chile. 164p.

Osorio, A. y Tapia, F. (Eds.) 1999. Elementos de riego tecnificado. Centro Regional de Investigación Intihuasi, del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA. 17p.

Pontificia Universidad Católica de Chile. s/a. Riego En Hortalizas. Tecnologías apropiadas para mejorar eficiencia de uso y calidad de agua para una producción sostenible e inocua. Proyecto Conicyt Acción Regional "Investigación, desarrollo e innovación para mejorar la eficiencia de uso e inocuidad del recurso hídrico en sistemas de producción hortícola de la Región Metropolitana" (ARI1600006). 24p

Portalfrutícola.com, 2019. ¿Qué es un cabezal de riego? Manejo del riego localizado y Fertirrigación, fecha de consulta 27 de noviembre 2022. www.portalfruticola.com

Servicio Agrícola y Ganadero SAG. 2019. División Protección de los Recursos Naturales Renovables. CONVENIO CNR-SAG. Manual Operación y Mantenimiento de Sistemas de Riego Tecnificado con Generación Fotovoltaica. 60p.

Shock, C. y Welch, T. 2013. Oregon State University. El riego por goteo: una introducción. Técnicas para una agricultura sostenible. Eugene, Oregon. USA. 9p.

Redeweb.com. Actualidad, Manómetros, fecha de consulta 23 de diciembre, 2022. www.redewb.com

Tapia, V. 2015. Manejo de la Fertirrigación en Frutales. Curso Intensivo y Aplicado sobre Fertirrigación.

Universidad de Talca. s/a. Centro de investigación y transferencia en Riego y Agroclimatología (Citra). Riego por cintas, cartilla de Divulgación. 5p.

Poscosecha de hortalizas

Iverly Romero Mendoza, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias



Los alimentos se pierden o se desperdician a lo largo de toda la cadena alimentaria, desde la producción agrícola inicial hasta el consumo final en los hogares (FAO, 2012). El nivel de pérdidas discrepa de una región a otra, donde en algunas no desarrolladas las mayores pérdidas se generan durante las primeras etapas de producción y se desperdician en menor cantidad en los consumidores finales, mientras que, en regiones con mayores ingresos, las pérdidas de alimentos se generan al final de la cadena debido principalmente al comportamiento del consumidor, y por otra parte a la falta de coordinación entre los diferentes actores de la cadena de suministro. Según el informe sobre el Índice de desperdicio de alimentos del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UPNUMA 2021), en el año 2019 se generaron alrededor de 931 millones de toneladas de residuos alimentarios, de los cuales el 61 % procedía de los hogares, el 26 % de los servicios de alimentación y el 13 % del comercio minorista. Esto sugiere que el 17 % del total de la producción mundial de alimentos puede desperdiciarse (11 % en hogares, 5 % en el servicio de alimentos y 2 % en el comercio minorista).

Las causas de las pérdidas pueden ser muy variadas, desde calidad visual hasta que el producto llegue sano, pero de igual forma el consumidor lo termina botando. Por lo que, disminuir las pérdidas en la etapa productiva y en el manejo de postcosecha del producto hasta que llegue al consumidor, es sumamente importante y se encuentra a nuestro alcance como productores. A continuación, una serie de recomendaciones se describen con el objetivo de mantener la calidad de nuestros productos hortícolas, y con ello, contribuir a disminuir la pérdida de estos alimentos.

Índice de madurez de cosecha

Para que las hortalizas logren mantener su calidad hasta llegar al consumidor final, el primer paso en la vida de poscosecha de un producto es el momento de la cosecha (Kader, 2002). En este momento, el producto debe ser cosechado con una madurez apropiada, debido a que de ésta depende la duración en almacenamiento. En la etapa final del manejo del cultivo hortícola se debe tener en cuenta el tipo de órgano o parte de la planta como factor principal, ya que de éste depende el índice de madurez.

Por una parte, existen hortalizas que se cosechan con madurez fisiológica, etapa que ocurre antes del desarrollo completo del fruto que después de cosechado debe sobrevivir con sus propios sustratos acumulados (Dos Santos *et al.*, 2015). Este es un paso intermedio entre el fin del crecimiento y el inicio de la senescencia), entendiéndose la senescencia como una fase natural de los productos, en donde el órgano comestible comienza a envejecer y deteriorarse. Un ejemplo es el tomate, donde es posible observar que el fruto verde llega a una coloración roja con sus semillas internas listas para germinar.

Por otro lado, hay órganos que se cosechan con madurez hortícola (madurez comercial), es decir, se cosechan cuando se encuentran aptos para el consumo, de acuerdo a los requerimientos del mercado. Esta madurez tiene poco que ver con la madurez fisiológica.

Como ejemplo se puede citar la cosecha del repollo, la que se realiza de acuerdo al grado de compactación, o en pepino ensalada donde se cosecha de acuerdo a su tamaño.

Hay otro número de hortalizas que se consume de acuerdo a su madurez de consumo u organoléptica, donde el producto hortícola reúne las características deseables para su consumo. En este aspecto es deseable que cumpla con las características organolépticas como la textura, el contenido de azúcares, acidez, aromas, entre otros.

Cada característica señalada puede ser un índice de madurez, donde este debe representar la evaluación de una característica en el tiempo en la hortaliza. Estos índices deben ser objetivos, representativos y, en lo posible, deben ser no destructivos (Cuadro 1). La evolución del color, el aumento del tamaño o grosor de un órgano son los índices de madurez comúnmente usados y, generalmente, en las hortalizas calzan con que son también buenos índices de cosecha (índice aplicable en campo como una indicación para cosechar).

Cuadro 1. Índices de madurez para algunas hortalizas (Kader, 2002)

Índice de madurez y propiedades de textura	Ejemplo de hortalizas
Unidades de calor promedio	Chícharo, arveja, maíz
Desarrollo de la capa de abscisión	Algunos melones
Morfología y estructura de la superficie	Formación de la cutícula en tomate
Tamaño	Gran parte de las hortalizas
Gravedad específica	Sandía y papa
Forma	Compactación de brócoli y coliflor
Solidez	Lechuga, col, coles de bruselas
Textura	Chícharo, arveja
Color externo	Gran parte de las hortalizas

Una vez elegido el índice de acuerdo a la hortaliza se realiza la cosecha. En esta etapa se deben tener en cuenta algunas consideraciones generales que permiten mantener la calidad de los productos:

- El lugar donde se realiza el acopio debe estar bajo sombra. Así, una malla sombreadora tipo raschel es la más usada, permitiendo por un lado, dar sombra para que los productos puedan ser acopiados evitando la deshidratación, y por otro lado, permite mantener las bandejas y potes con protección ante el sol y que las partículas de polvo se liberen en el campo producto de la circulación de maquinaria (Figura 1).
- Las herramientas de campo se deben mantener afiladas para evitar desgarros en los cortes. Además, la recomendación es usar contenedores adecuados en cosecha

para evitar sobrecargarlos (daño por compresión) y también evitar el trasvasije de manera continua. En esta última, evitar las caídas de gran altura.

- Evitar hacer la cosecha si existe rocío o cuando se registren altas temperaturas. Las horas frescas de la mañana son un buen momento para hacerlo.



Figura 1. Lugar de acopio de hortalizas utilizando una malla tipo raschel para generar un sombreado (80 % de sombra), INIA Carillanca

- Evitar por completo generar daños físicos como cortes o lesiones en las plantas (fruto, hoja, tallo o raíz). Estos daños son generalmente provocados por herramientas de cosecha, uñas de los operarios en la manipulación o por impactos. Por otro lado, los daños por impacto en el momento de la cosecha no son visibles y los síntomas comienzan a aparecer luego de algunos días. Las heridas en el órgano a cosechar pueden ser una vía para la penetración de hongos y bacterias que producen pudriciones disminuyendo la producción. Así, pre clasificar por daño mecánico y patológico es recomendable, con el fin de comercializar productos con una calidad homogénea.

Procesos fisiológicos en poscosecha

Las hortalizas destacan por su elevado contenido de agua, vitaminas, minerales y fibra. Sin embargo, este alto contenido de agua (>90 %) y actividad metabólica provocan que los alimentos sean muy perecederos. Esto significa que tienen una duración limitada una vez colectados o cosechados en el campo, comenzando a degradarse y perdiendo sus propiedades nutricionales.

La hortaliza cosechada, luego de ser arrancada, sigue respirando y transpirando (pierde agua), presentando cambios composicionales que alteran el nivel de sustancias de reserva (azúcares, almidón, lípidos), pigmentos, vitaminas, ácidos orgánicos, entre otras.

Las hortalizas logran mantenerse con vida generando energía obtenida desde sus reservas debido a la respiración. Al ser cosechadas, estas reservas no pueden volver a ser reemplazadas y, a la velocidad con que disminuyen, será un factor de gran importancia en la duración de la vida de poscosecha del producto. Kader (2002) señala que la pérdida de estas reservas implica una aceleración de la senescencia del tejido, provocando una reducción en el contenido energético, un cambio en el sabor y una pérdida de peso fresco.

También en este evento se corta el abastecimiento de agua, producto de que la raíz ya no puede proveer agua desde el suelo hacia los diferentes órganos como tallos y hojas (corriente transpiratoria), por lo tanto, las hortalizas siguen perdiendo agua como un mecanismo de enfriamiento luego de ser cosechadas, pero, a diferencia de las plantas en crecimiento, las hortalizas ya no pueden reponer el agua a partir del suelo y tienen que recurrir al contenido de agua que tienen en el momento de la recolección, y el producto cosechado continúa perdiendo agua hacia la atmósfera, tal como lo hacía antes de la cosecha (Cuadro 2).

Cuadro 2. Rango de coeficientes de transpiración para algunas frutas frescas y hortalizas

Fruta	K_t (mg kg ⁻¹ s ⁻¹ Mpa ⁻¹)	Hortaliza	K_t (mg kg ⁻¹ s ⁻¹ Mpa ⁻¹)
Manzana	16-100		
Pera	10-144	Cebolla	13-123
Uva	29-167	Tomate	71-365
Naranja	25-227	Repollo	40-667
Vid	21-254	Lechuga	680-8750
Ciruela	110-221	Puerro	530-1042
Limón	139-229	Zanahoria	106-3250
Durazno	142-2089	Apio	104-3313

Fuente: Thompson *et al.* (1998) compilado desde Sastry *et al.* (1997).

Esta pérdida trae como consecuencia una disminución de turgor de las células, lo que es esencial en la pérdida textural de crocancia en las hortalizas frescas (Wood *et al.*, 2005). Pero, además, esta disminución de turgencia trae consigo una pérdida de peso fresco que afecta a otros aspectos que hacen la calidad visual como el marchitamiento (Chiesa, 2010). Esto es particularmente importante, ya que estas pérdidas pueden llegar a significar que el producto se transforme en desecho, no siendo comercializado.

Por otro lado, luego de la cosecha hay algunos compuestos que el fruto sigue produciendo, como el caso del tomate. En este sentido, el etileno es una hormona que regula la maduración y senescencia de productos agrícolas a nivel molecular, bioquímico y fisiológico (Kesari *et al.*, 2007). Este tiene un doble papel en la poscosecha. Por un lado, ocasiona que los frutos adquieran características organolépticas óptimas para su consumo, pero también

es responsable de la senescencia de los tejidos, generando efectos desfavorables en la calidad (Bapat *et al.*, 2010).

Las hortalizas presentan una diversidad de especies. Para ámbitos de poscosecha, las podemos agrupar de acuerdo a su metabolismo que, por consecuencia, tiene un comportamiento similar luego de la recolección. Así, las hortalizas se pueden agrupar en hojas, tallo y flor (lechuga, acelga, espinaca, albahaca, cilantro, perejil, apio, coliflor, kale, brócoli, repollo, espárrago y alcachofa, entre otras). Por otro, un grupo de órganos subterráneos tales como papa, zanahoria, rábano, betarraga, entre otras. Mientras que en hortalizas de fruto se encuentran el tomate, pepino, ají, zapallo italiano, melón, sandía, pimiento, berenjena, entre otros.

Para las hortalizas de hoja, tallo y flor, por ser órganos inmaduros en crecimiento activo, su respiración es alta y carecen, además, de tejidos protectores frente a pérdidas de agua. Por tanto, en estas hortalizas se puede observar una notoria deshidratación si no se manejan correctamente, luego de ser cosechadas (Figura 2). En cambio, los órganos subterráneos contienen reservas que les confieren una elevada capacidad de conservación, luego de su cosecha. Si hablamos de hortalizas de fruto, son de un nivel intermedio en capacidad de almacenaje, dependiendo en gran medida de su madurez al momento de la cosecha.

Si bien en su gran mayoría las hortalizas cultivadas en La Araucanía van destinadas a mercado interno en fresco, este mercado interno de igual manera demanda calidad. Por lo anteriormente mencionado, los productos cosechados deben trasladarse frecuentemente del huerto al sombreadero o centro de acopio para minimizar el tiempo de espera en campo al aire libre, teniendo en consideración sus características de poscosecha.



Figura 2. Factores ambientales que pueden influir en el deterioro del producto afectando la poscosecha. (a) Planta de albahaca, (b) Planta de albahaca recién cosechada, (c) Planta de albahaca después de tres horas de cosecha. INIA Carillanca, Programa GORE-INIA Hortalizas

Factores ambientales que influyen en el deterioro en poscosecha

Para controlar la vida útil de las hortalizas se deben cumplir ciertos aspectos que son relevantes en el manejo durante el almacenamiento. Los más relevantes se describen a continuación (Olhagaray y Achondo, 1991):

- **Temperatura (°C)**

La temperatura debe ser manejada tempranamente desde el campo, al momento de cosecha (Figura 2) hasta la recepción en lugares para su embalaje, donde independiente del nivel de procesamiento que se le dé, debieran existir las condiciones mínimas para evitar el aumento de temperatura en los productos.

Una de las primeras medidas para evitar el aumento de la temperatura en los productos, es implementar en el campo el uso de sombreaderos mientras se efectúa la cosecha. Luego, es de suma importancia retirar lo antes posible las hortalizas del campo, para evitar la condición de alta temperatura, generalmente en primavera-verano, debido a que, bajo condiciones de alta temperatura ambiente, se ve incrementada la tasa de respiración y, además, como subproducto de este proceso, se libera calor al medio, aumentando aún más la temperatura.

El periodo de comercialización en hortalizas es corto, ya que el traslado se produce desde los huertos de una región a una feria mayorista. En este caso, en el traslado de los productos se recomienda cubrir las bandejas con materiales que eviten el aumento de temperatura. En este sentido, el manejo de la temperatura no implica necesariamente grandes inversiones en cámaras de refrigeración, sino más bien el uso del sentido común. Mientras que, si nuestros productos van a procesamiento industrial, el material producido será sometido a enfriamiento rápido a bajas temperaturas, donde se logra reducir el ritmo respiratorio, retardar maduración, reducir el déficit de presión de vapor entre el medio y el ambiente, disminuir transpiración y la actividad enzimática para que logre recorrer grandes distancias. Eso sí, el uso de frío en hortalizas debe ser específico para cada especie, ya que es posible que una misma temperatura en algunas provoque daños por enfriamiento (DPE), mientras que para otras sea la temperatura adecuada de almacenamiento (Cuadro 3).

Cuadro 3. Condiciones de conservación para algunas hortalizas (Kader, 2002)

Hortalizas	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Alcachofa	0	95-100
Espárrago	2,5	95-100
Brócoli	0	95-100
Repollo Bruselas	0	95-100
Repollo	0	98-100
Coliflor	0	95-100
Pepino	5-10	95
Lechuga (cabeza)	0	98-100
Lechuga cortada	0	98-100
Champiñones	0	90
Cebolla (bulbo)	0	65-70
Perejil	0	95-100
Espinaca	0	95-100
Tomate (verde-maduro)	7-13	45-55
Tomate (maduro)	10-15	50

- **Humedad Relativa (%)**

Las hortalizas de hoja son altamente susceptibles a la pérdida de agua, lo que afecta de manera negativa la apariencia que se traduce en la deshidratación del producto. En este caso la deshidratación se explica por la diferencia de presión de vapor (DPV) que existe entre la hortaliza cosechada y su ambiente. En términos más sencillos, el DPV es la diferencia de presión de vapor (PV) o contenido de agua entre la hortaliza y su ambiente. Así, la PV de un tomate se obtendrá con la temperatura de su pulpa y la humedad en su interior (esta última se considerará siempre 100 %) y la PV del ambiente en el que se encuentra se obtendrá a partir de la temperatura ambiental y la humedad relativa. Ambos valores de PV se comparan y podremos conocer desde dónde hacia dónde se desplaza la humedad. Para ejemplificar, si cosechamos lechugas y estas quedan en campo (exterior) luego de ser cosechadas, el agua se moverá desde las hojas (100 % HR) hacia el ambiente (50 % HR) y, dependiendo del tiempo, serán más o menos notorios los síntomas de deshidratación en las hojas (Figura 3).

Por este motivo se hace crítico mantener los productos cosechados a las temperaturas y humedades recomendadas (Cuadro 3), disminuyendo así el déficit de presión de vapor; y por ende, su deshidratación. Además de bajar la temperatura, en algunas hortalizas se recomienda conservarlas en una alta humedad relativa (95 % HR a 0 °C en cámaras de

frío), condiciones que contribuirán a reducir aún más la pérdida de agua de las hortalizas, evitando que salga la mayor cantidad de agua posible, ya que al momento de comercializar, gran parte de lo que se vende es agua y, por lo tanto, tiene un impacto directo en los retornos económicos.

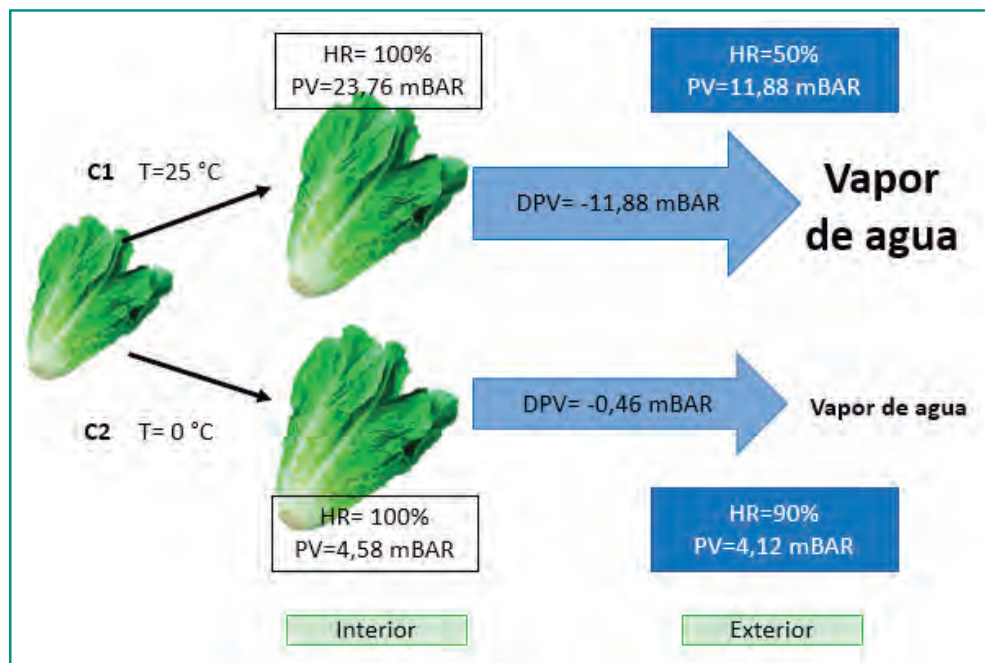


Figura 3. Diferencias de presión de vapor (PV) en lechuga. C1: temperatura en aire libre. C2: temperatura en una cámara de frío

Con respecto a las dos condiciones anteriormente señaladas, el programa GORE-INIA Hortalizas ha evaluado por más de una temporada el comportamiento de pérdida de peso bajo distintas condiciones de manejo de poscosecha. Las condiciones evaluadas constan de una condición de sombra con malla raschel con 80 % de sombra y bajo una condición al aire libre con la radiación existente. Los resultados muestran que, bajo sombra, la pérdida de peso es menor en todas las especies y variedades evaluadas, y por otro lado, entre más horas permanece el producto en campo es posible observar más pérdida de peso (Cuadros 4 y 5).

Cuadro 4. Porcentaje de pérdida de peso en variedades de arveja verde bajo dos condiciones de manejo de poscosecha

Localidad	Frecuencia	Hora	T° (°C)	HR (%)	Perfect Freezer 400		Utrillo		Perfect Freezer 400 (NZ)	
					L	S	L	S	L	S
INIA Carillanca	2 horas	12:00	20,3	51,3	7	2	9	2	5	2
INIA Carillanca	4 horas	14:00	24,1	35,0	16	6	16	6	14	6
Maquehue	2 horas	13:00	23,6	44,1	5	3	7	4	8	1
Maquehue	4 horas	15:00	24,7	44,0	17	6	19	7	19	5

L: Luz; S: Sombra.

Cuadro 5. Porcentaje de pérdida de peso en variedades de kale bajo dos condiciones de manejo de poscosecha

Localidad	Frec. (hr)	Hora	T° (°C)	HR (%)	WH		RB		NT		RR	
					L	S	L	S	L	S	L	S
INIA Carillanca	2	11:30	23,8	60,0	16,0	6,0	13,0	6,0	14,0	4,0	15,0	6,0
INIA Carillanca	4	13:30	29,1	42,8	33,3	12,4	26,6	13,6	39,3	11,1	33,3	13,6
Maquehue	2	12:30	22,1	47,3	9,0	5,0	11,0	8,0	11,0	8,0	32,0	6,0
Maquehue	4	14:30	23,3	44,5	20,0	17,0	18,0	16,0	25,0	14,0	41,0	16,0

Frec.: frecuencia en horas; L: Luz; S: Sombra; WH: Westlandse Herbst, RB: Red Bor F1, NT: Nero di Toscana, RR: Red Russian.

• Etileno, CO₂ y O₂

El etileno es fisiológicamente activo a niveles menores de 1 parte por millón (ppm), por lo que la aplicación externa de este gas generalmente promueve el deterioro del producto acortando su vida (tiempo útil para su comercialización).

Cuando los productos son transportados con cargas mixtas deben tenerse en cuenta las compatibilidades, ya que, si se dispone de hortalizas con especies como frutas productoras de etileno (climactéricas), estas últimas pueden provocar cambios no deseados, acelerando la senescencia, deteriorando el producto, por lo que el control de la concentración de etileno en el ambiente circundante al producto cosechado es un mecanismo para regular su deterioro.

Esta misma precaución se debe tener en cuenta en los anaqueles de verdulerías y supermercados. El consumidor, de acuerdo a la calidad y precios de los productos, decide por uno u otro lugar habitual de compra y, en este sentido, la posición de las hortalizas con respecto a fuentes de etileno, las corrientes de aire del exterior y la distancia cerca de lugares con temperaturas bajas, son importantes de considerar.

Comentarios finales

Los manejos de poscosecha vienen a mantener la calidad de los productos en almacenamiento, por lo que los manejos de precosecha como la fertilización, riego y programas fitosanitarios impactan directamente en la calidad de las hortalizas en la poscosecha. Una gran parte de la vida de poscosecha de los productos hortícolas depende de la cosecha, por lo que en esta etapa hay que evitar de todas formas la deshidratación, haciendo seguimiento a la temperatura y humedad relativa. Una mayor deshidratación se traduce en una mayor pérdida de peso, por tanto, menor peso fresco a la venta, provocando que éstos impacten en la rentabilidad de los cultivos, perdiendo dinero que sólo se libera al ambiente y causa una apariencia no deseada que repercute directamente en el precio de venta de estos productos.

Referencias

Bapat, V.A., P.K. Trivedi, A. Ghosh, V.A. Sane, T.R. Ganapathi y P. Nath. 2010. Ripening of fleshy fruit: Molecular insight and the role of ethylene. *Biotechnol. Adv.* 28, 94-107. Doi: 10.1016/j.biotechadv.2009.10.002

Chiesa, A. 2010, septiembre. Factores precosecha y postcosecha que inciden en la calidad de la lechuga. *Horticultura Argentina*, 29 (68): 28-32

Dos Santos, R. S.; Arge, L. W. P.; Costa, S. I.; Machado, N. D.; de Mello-Farias, P. C.; Rombaldi, C. V. and de Oliveira, A. C. 2015. Genetic regulation and the impact of omics in fruit ripening. *Plant Omics*. 8(2):78-88.

FAO. 2012. Pérdidas y desperdicio de alimentos en el mundo - Alcance, causas y prevención. Roma.

Kader, A. 2002. *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. University of California Agriculture and Natural Resources, California.

Kesari, R., P. Trivedi y P. Nath. 2007. Ethylene-induced ripening in banana evokes expression of defense and stress related genes in fruit tissue. *Postharv. Biol. Technol.* 46, 136-143. Doi: 10.1016/j.postharvbio.2007.04.010

Olhagaray, J. M. 1991, abril. Operativa e ingeniería: Almacenaje en atmósfera controlada. *Informativo Agroeconómico*, 8 (5): 39-46.

Thompson, J. F., Mitchell, F. G., Rumsay, T. R., Kasmire, R. F., & Crisosto, C. H. (1998). *Commercial cooling of fruits, vegetables, and flowers* (pp. 1-61). Oakland: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 21567.

Sastry, S. K., Baird, C. D.; & Buffington, D. E. 1977. Transpiration rates of certain fruits and vegetables. Final report on ASHRAE research project RP-172 (pp. 1-146). University of Florida.

United Nations Environment Programme, UPNUMA (2021). Food Waste Index Report 2021. Nairobi

Wood, D., S. Imam, G. Sabellano, P. Eyerly, W. Orts and G. Glenn. 2005. Microstructure of produce degradation. (cap. 18, pp. 529-561). In: Lamikanra, O; S. Imam and D. Ukuku (Eds.). Produce Degradation: Pathways and Prevention. First edition. Boca Raton, USA: Taylor & Francis Group. 677p.

Plan Predial: una plataforma de gestión y planificación para la agricultura de La Araucanía

Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias

Maritza Bastías Millanao, Ing. Agrónomo, Magíster ©

Francisco Morales Muñoz, Ingeniero Civil Industrial mención en Informática



En el marco del Programa GORE-INIA Hortalizas se realizó una actualización de la plataforma *planpredial.inia.cl*, que se encuentra alojada en la página web de INIA (www.inia.cl).

El origen de esta plataforma data entre los años 2015-2016, período en que se desarrolló un proyecto con financiamiento Innova Corfo y ejecutado por INIA, con Indap como mandante. Dicho proyecto tuvo como objetivo "Optimizar los recursos disponibles de los agricultores de La Araucanía, mediante la generación de información técnico económica que facilite la toma de decisiones de sus sistemas productivos". Dado que la pequeña agricultura trabaja con sistemas productivos, en esta plataforma se incluyeron los cultivos importantes y comunes para ellos, es decir, hortalizas, papa, cereales (trigo, avena, triticale), lupino dulce y amargo, frutales (frambuesa, arándano y avellano europeo), y ovinos.

La idea nace de las constantes preguntas de los productores hortícolas en diferentes actividades de difusión realizadas a través de los años y los diferentes proyectos ejecutados, en torno a **¿Qué? ¿Cuánto? ¿Cuándo? y ¿Cómo producir?**.

Por otro lado, para responder a la superficie a cultivar con cierta especie, se determina la Unidad Económica Mínima Productiva (UEMP) (Figura 1) que no es otra cosa que la relación entre los costos indirectos y el margen bruto, donde el margen bruto corresponde a los ingresos por ventas a los cuales se le restan los costos directos (*planpredial.inia.cl*).

$$UEMP = \frac{\text{costos indirectos}}{\text{ingresos-costos directos}} \quad UEMP = \frac{\text{costos indirectos}}{\text{margen bruto}}$$

Figura 1. Formula del cálculo de la UEMP

Del punto de vista del lenguaje informático utilizado, Plan Predial es una plataforma web, desarrollada con el Framework Django v3 y motor de base de datos PostgreSQL. Para la interfaz web se utilizó el Framework Bootstrap 4.4. La optimización se realizó con la biblioteca pywraplp.

La optimización (Figura 2) que se busca solucionar, es un problema lineal que necesita la utilización de variables binarias para ser resuelta. Las principales restricciones a las que está sujeto el problema son: compatibilidad de tipo de especies, capital de trabajo, utilización de agua, primer mes de uso de suelo, superficie disponible, superficie mínima (UEMP) y superficie máxima. La función objetivo es maximizar los ingresos por venta.

$$\begin{aligned}
 & \text{Max. } z = \sum \text{Ingresos por venta} \\
 & \text{s.a.} \\
 & \sum \text{superficie} \leq \text{SUPERFICIE_TOTAL} \\
 & \sum \text{agua} \leq \text{AGUA_TOTAL} \\
 & \sum \text{costos directos} \leq \text{CAPITAL_DE_TRABAJO} \\
 & x_i \geq \text{UEMP}_i \\
 & \sum x_i \leq \text{COTA_SUPERIOR}^1
 \end{aligned}$$

1. La cota superior es una restricción por especie

Figura 2. Fórmula del cálculo de la optimización

Rubros seleccionados

Los rubros seleccionados son los de mayor importancia para los sistemas productivos de los pequeños productores de La Araucanía, que son:

1. Hortalizas según el órgano de consumo:
 - a. De hoja: acelga, espinaca, cilantro, repollo, lechuga, puerro, kale
 - b. De raíz: betarraga, zanahoria
 - c. De fruto: ají, tomate, poroto granado y verde, arveja verde, maíz dulce y haba
 - d. De inflorescencia: brócoli, coliflor, romanesco
2. Papa guarda, primor y semilla
3. Lupino: dulce y amargo
4. Cereales: trigo, avena
5. Frutales: frambuesa, arándano, avellano europeo y frutilla
6. Ganadería: ovinos de carne

Metodología de trabajo

Generación de información técnica

Para la generación de información técnica del manejo agronómico de los rubros seleccionados, se recurrió a **fuentes primarias**, en consulta con los investigadores y equipos de I+D de INIA Carillanca. Esto permitió la validación de especies y variedades en campo en la unidad demostrativa hortícola establecida en el Centro Regional INIA Carillanca, y de experiencias de productores y empresas regionales. A partir de esta información, y con el conocimiento del equipo hortícola, se pudo describir el manejo para cada etapa y actividades a realizar por rubro.

Por otro lado, también se obtuvo información de **fuentes secundarias**, consultando publicaciones INIA y otras fuentes: ODEPA para las series de precios; Lo Valledor para precios de hortalizas, frutas, entre otros; COTRISA para precios de trigo y otros cereales; planilla SAG de productos fitosanitarios autorizados; Ferias Araucanía y Tattersall para series de precios de ganado ovino; y proveedores de insumos agropecuarios para incorporar precios.

Así se procedió a la sistematización de paquetes de manejo, obteniéndose un resultado considerando 32 especies y 156 paquetes de manejo, de los cuales 72 corresponden a paquetes de hortalizas para fresco, 34 paquetes para hortalizas con aptitud agroindustrial, para las cinco zonas agroecológicas de La Araucanía. Con la información técnica levantada de las diferentes fuentes de información y la validación en campo, se construyeron matrices o variables de restricciones.

Variable 1. Zona agroecológica

Las 32 comunas de la región se agruparon en cinco zonas agroecológicas. A partir de este punto, el sistema —al momento de crear el predio del agricultor e indicar la comuna donde se encuentra ubicado—, comienza a arrojar las alternativas de sistema productivo, de acuerdo a la zona agroecológica en donde se encuentra ubicado el predio. Estas zonas de producción representan una superficie en la cual la interacción del clima y suelo determinan y condicionan en conjunto con las especies vegetales una producción agropecuaria característica (Rouanet *et al.*, 1988).

Variable 2. Restricción por especie

Una tabla de restricciones por especie fue elaborada, de manera de evitar sucesiones de especies hortícolas de la misma familia y órgano de consumo que considere todos los cultivos de los sistemas productivos (Cuadro 3). En ellas se indican las compatibles (1) y las no compatibles (2). Así, por ejemplo, no compatibles son aquellas cuyo órgano de consumo se produce bajo tierra (zanahoria, betarraga, papa), y aquellas de la misma familia (betarraga, acelga, espinaca) de la familia Chenopodiaceae, de manera de dar un espacio de dos a tres temporadas libres de ellas, para reducir la presión de malezas, plagas y enfermedades, generando la matriz de restricción por rotación (Cuadro 2).

Cuadro 1. Matriz de compatibilidad de todas las especies consideradas en los sistemas productivos (hortalizas, frutales, cereales, leguminosas y papa)

Especie	Avena	Trigo	Triticale	Arándano	Avellano europeo	Frambuesa	Frutilla	Acelga	Ajo	Aji	Arveja V. verde	Betarraga	Brócoli	Cilantro	Coliflor	Espinaca	Haba	Kale	Lechuga	Maíz	Poroto	Puerro	Repollo	Romanesco	Tomate	Zanahoria	Zapallo	Lupino	Papa	Pradera		
Avena	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1		
Trigo	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Triticale	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Arándano	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Avellano europeo	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Frambuesa	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Frutilla	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Acelga	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Ajo	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1		
Aji	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1		
Arveja V. verde	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Betarraga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	
Brócoli	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
Cilantro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Coliflor	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Espinaca	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Haba	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Kale	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	
Lechuga	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Maíz	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Poroto	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	
Puerro	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
Repollo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	
Romanesco	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Tomate	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1
Zanahoria	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1
Zapallo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Lupino	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Papa	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1
Pradera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

1: Compatible; 0: No compatible

Cuadro 2. Matriz de restricción por rotación

Tipo	Especie	Familia	Factor rotación (temporada)	Órgano de consumo
Cereales	Avena	Poaceae	1	grano
Cereales	Trigo	Poaceae	2	grano
Cereales	Triticale	Poaceae	2	grano
Frutales	Frambuesa	Rosaceae	10	fruto
Frutales	Arándano	Ericaceae	15	fruto
Frutales	Avellano europeo	Betulaceae	20	fruto
Hortalizas	Acelga	Chenopodiaceae	2	hoja
Hortalizas	Arveja	Fabaceae	2	fruto
Hortalizas	Betarraga	Chenopodiaceae	2	raíz
Hortalizas	Espinaca	Chenopodiaceae	2	hoja
Hortalizas	Haba	Fabaceae	2	fruto
Hortalizas	Lechuga	Asteraceae	2	hoja
Hortalizas	Maíz dulce	Poaceae	2	fruto
Hortalizas	Poroto	Fabaceae	2	fruto
Hortalizas	Zapallo guarda	Cucurbitaceae	2	fruto
Hortalizas	Zapallo italiano	Cucurbitaceae	2	fruto

Tipo	Especie	Familia	Factor rotación (temporada)	Órgano de consumo
Hortalizas	Aji	Solanaceae	3	fruto
Hortalizas	Brócoli	Brassicaceae	3	inflorescencia
Hortalizas	Cilantro	Apiaceae	3	hoja
Hortalizas	Coliflor	Brassicaceae	3	inflorescencia
Hortalizas	Frutilla	Rosaceae	3	fruto
Hortalizas	Kale	Brassicaceae	3	hoja
Hortalizas	Puerro	Alliaceae	3	hoja
Hortalizas	Repollo	Brassicaceae	3	inflorescencia
Hortalizas	Romanesco	Brassicaceae	3	inflorescencia
Hortalizas	Tomate	Solanaceae	3	fruto
Hortalizas	Zanahoria	Apiaceae	3	raíz
Hortalizas	Ajo	Alliaceae	10	bulbo
Leguminosas	Lupino	Leguminosae	2	grano
Papa	Papa	Solanaceae	3	raíz
Praderas	Pradera	n/a	5	kilo carne

Variable 3. Tiempo de espera a cosecha

Esta restricción fue definida para señalar los días que un cultivo, una vez que ha alcanzado el índice de madurez de cosecha, es posible mantenerlo en el suelo, de manera que no se altere su calidad. De esta forma, se puede conocer cuándo es posible establecer el siguiente cultivo y así para aprovechar al máximo el uso del suelo (Cuadro 3). En general, se puede decir que las especies hortícolas de hoja son las que tienen el tiempo más corto.

Cuadro 3. Tiempo de espera a cosecha (ejemplo extraído de la matriz completa)

Hortaliza	Tipo	Zona agroecológica	Época	Preparación suelo	Siembra - trasplante	Inicio cosecha	Días cultivo	Tiempo espera a cosecha
Acelga	n/a	SI. SC. VC.	n/a	agosto	septiembre	diciembre	100	150
Acelga	n/a	VC.	n/a	septiembre	octubre	enero	100	150
Acelga	n/a	VC.PRE.	n/a	diciembre	enero	abril	100	180
Arveja verde	fresco	SC.SI.VC.	n/a	mayo	junio	noviembre	180	15
Arveja verde	fresco	VC.PRE.	n/a	agosto	septiembre	febrero	180	15
Arveja verde	industria	SC.SI.VC.PRE.	n/a	julio	agosto	enero	180	15
Betarraga	fresco	SC. VC.PRE.	n/a	Octubre	noviembre	marzo	120	60
Betarraga	industria	SC.	n/a	septiembre	octubre	enero	90	30
Betarraga	industria	SI. SC.	n/a	agosto	septiembre	diciembre	90	30
Betarraga	industria	VC	n/a	diciembre	enero	marzo	60	30
Betarraga	industria	VC, PC	n/a	noviembre	diciembre	febrero	60	30
Brócoli	fresco	SI.SC.VC.PRE.	primavera-verano	agosto	septiembre	19-dic	110	8
Brócoli	industria	PRE	primavera-verano	diciembre	enero	15-may	110	8
Brócoli	industria	SC. SI	otoño-invierno	octubre	noviembre	febrero	120	5
Brócoli	industria	VC	primavera-verano	septiembre	octubre	enero	95	8
Cilantro	n/a	SI. SC.VC.PRE.	primavera-verano	julio	agosto	Octubre	60	15
Cilantro	n/a	SI. SC.VC.PRE.	otoño-invierno	febrero	marzo	mayo	60	20
Coliflor	n/a	SI.SC.VC.PRE.	primavera-verano	agosto	septiembre	19-dic	110	8
Coliflor	n/a	SI.SC.VC.PRE.	otoño-invierno	febrero	marzo	19-jul	110	15
Haba	industria	SC.SI	n/a	mayo	junio	noviembre	180	30
Haba	industria	VC	n/a	agosto	septiembre	enero	120	30
Haba	industria	VC,PRE	n/a	junio	julio	diciembre	150	30
Lechuga	costina	SI. SC.VC.	primavera-verano	agosto	septiembre	15-nov	85	7
Lechuga	crespa	PRE. VC.	otoño-invierno	diciembre	diciembre	15-feb	70	7
Lechuga	española	PRE. VC.	otoño-invierno	diciembre	diciembre	15-feb	70	7
Lechuga	española	PRE. VC.	otoño-invierno	febrero	febrero	15-abr	80	7
Poroto verde	fresco	SC.SI.	n/a	septiembre	octubre	enero	120	30
Poroto verde	fresco	SC.VC.PRE.	n/a	octubre	noviembre	febrero	120	30
Poroto verde	industria	SC.SI.	n/a	septiembre	octubre	enero	100	15
Romanesco	industria	SC. SI	otoño-invierno	octubre	noviembre	febrero	120	5
Romanesco	industria	VC, PRE, SC, SI	primavera-verano	septiembre	octubre	febrero	120	5
Romanesco	industria	VC.PRE.	otoño-invierno	enero	febrero	junio	121	5
Zanahoria	fresco	SC.	n/a	julio	agosto	diciembre	150	60
Zanahoria	fresco	SI. SC. VC.PRE.	n/a	septiembre	octubre	febrero	150	60
Zanahoria	industria	VC.PRE.	n/a	octubre	noviembre	marzo	150	30
Zanahoria	industria	SC.SI	n/a	agosto	septiembre	febrero	150	30

Variable 4. Formato de venta

Otro factor para incorporar en el modelo computacional generado por esta plataforma es el formato de venta de los productos (Cuadro 4). Por ejemplo, para hortalizas frescas el formato puede ser unidad, paquete (cilantro, puerro), cajas de cierta cantidad de unidades (lechuga), docenas de paquetes, mallas de 25 kilos, otros. Para el caso de hortalizas para la industria, toda la venta se realiza por kilo.

Para determinar este punto y comparar con la unidad de venta y su precio, se transformó dichas unidades del mercado Lo Valledor a las unidades de venta de la región. Cabe señalar que existen diferencias en relación al peso de las unidades de La Araucanía con la zona central.

Cuadro 4. Formato de venta

Hortalizas	Tipo	Época	Unidad
Acelga	n/a	n/a	paquete
Aji	n/a	n/a	toneladas
Arveja verde	n/a	n/a	kilo
Arveja verde	industria	n/a	kilo
Betarraga	n/a	n/a	paquete
Betarraga	n/a	n/a	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	n/a	sacos 25 kg
Betarraga	industria	n/a	kilo
Brócoli	n/a	Primavera-verano	unidad
Brócoli	industria	primavera-verano	kilo
Cilantro	n/a	Primavera-verano	paquete
Coliflor	n/a	Primavera-verano	unidad
Espinaca	oriental	otoño-invierno	paquete
Espinaca	oriental fresco	otoño-invierno	kilo
Espinaca	industria	otoño-invierno	kilo
Haba	industria	n/a	kilo
Kale	industria	otoño-invierno	kilo

Hortalizas	Tipo	Época	Unidad
Lechuga	costina	Primavera-verano	unidad
Lechuga	española	otoño-invierno	unidad
Maíz dulce	n/a	n/a	unidad
Maíz dulce	industria	n/a	kilo
Poroto verde	n/a	n/a	kilo
Poroto verde	industria	n/a	kilo
Puerro	n/a	Primavera-verano	paquete
Puerro	industria	primavera-verano	kilo
Repollo	n/a	Primavera-verano	unidad
Romanesco	industria	primavera-verano	kilo
Tomate	n/a	n/a	toneladas
zanahoria	n/a	n/a	sacos 25 kg
zanahoria	n/a	n/a	paquete
zanahoria	n/a	n/a	mallas 5 kg
Zanahoria	industria	n/a	kilo
zapallo guardado	n/a	n/a	unidad
zapallo italian	n/a	n/a	unidad

Variable 5. Rendimiento

Con información levantada de fuentes primarias (experiencia de INIA y antecedentes de productores) y fuentes secundarias (publicaciones). Además de la información validada en la unidad demostrativa de INIA Carillanca, en el programa GORE-INIA, donde se realizó la validación de especies y variedades con aptitud agroindustrial, se determinó el rendimiento por unidad de superficie, expresado en kilos para todos los paquetes de manejo (Cuadro 5).

Variable 6. Demanda de agua

La demanda de agua se estimó utilizando la metodología propuesta por FAO56 calculando la evapotranspiración de referencia (ET_o) con la ecuación de Penman-Monteith y Hargreaves. Los coeficientes de cultivo (K_c) fueron determinados en forma numérica considerando un K_c inicial y de mediados de ciclo de cultivo constantes. Mientras que para el cálculo del

Kc de la etapa de desarrollo y final se consideró que varía en forma lineal entre el valor de Kc de la etapa previa y el valor de Kc al comienzo de la próxima etapa. Así, queda variable según la duración en días de cada etapa de acuerdo a la época de siembra o trasplante y período de cosecha de cada especie hortícola para las distintas zonas agroecológicas.

Cuadro 5. Rendimiento unitario de diferentes paquetes de manejo

Hortalizas	Tipo	Zona agroecológica	Rendimiento (ha)	Unidad
Acelga	n/a	SI. SC. VC.	36000	paquete
Aji	n/a	SC.SI.	30	toneladas
Arveja verde	n/a	SC.SI.VC.	10000	kilo
Arveja verde	n/a	SC.SI.VC.PRE.	10.000	kilo
Arveja verde	industria	VC.PRE.	16000	kilo
Betarraga	n/a	SI.	35.000	paquete
Betarraga	n/a	SI.	7000	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	SI.	875	sacos 25 kg
Betarraga	n/a	SC.	7400	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	SC.	925	sacos 25 kg
Betarraga	n/a	SC.	37000	paquete
Betarraga	n/a	SC.	7.400	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	VC.PRE.	40000	paquete
Betarraga	n/a	VC.PRE.	8.000	mallas 5 kg
Betarraga	n/a	VC.PRE.	1000	sacos 25 kg
Betarraga	industria	SI. SC.	30.000	kilo
Betarraga	industria	VC. PC	42000	kilo
Brócoli	n/a	SI.SC.VC.PRE.	36.000	unidad
Brócoli	industria	SI.SC.	25000	kilo
Brócoli	industria	SC. SI	21.000	kilo
Cilantro	n/a	SI. SC.VC.PRE.	60000	paquete
Coliflor	n/a	SI.SC.VC.PRE.	36.000	unidad
Espinaca	oriental	VC. SI.	25000	paquete
Espinaca	oriental fresco	VC. SI.	17.000	kilo
Espinaca	industria	VC. SI.	18000	kilo
Haba	industria	SC.SI	17.000	kilo
Haba	industria	VC	28000	kilo
Kale	industria	VC.PRE.	18.000	kilo
Kale	industria	SC. SI	12600	kilo
Kale	industria	VC.PRE.	8.500	kilo
Kale	industria	SC. SI	6200	kilo
Lechuga	costina	SI. SC.VC.	40.000	unidad
Lechuga	crespa	PRE. VC.	40000	unidad
Lechuga	crespa	PRE. VC.	37.500	unidad
Lechuga	española	PRE. VC.	40000	unidad
Lechuga	española	PRE. VC.	37.500	unidad
Lechuga	española	PRE. VC.	37500	unidad
Maiz dulce	n/a	SI.	50.000	unidad
Maiz dulce	n/a	VC.PRE.	60000	unidad

Hortalizas	Tipo	Zona agroecológica	Rendimiento (ha)	Unidad
Maiz dulce	n/a	VC.PRE.	60000	unidad
Maiz dulce	n/a	SI.	20.000	kilo
Maiz dulce	industria	VC.PRE.	22000	kilo
Maiz dulce	industria	VC.PRE.	22.000	kilo
Poroto granad	n/a	SI.	10000	kilo
Poroto granad	n/a	SC.	12.000	kilo
Poroto granad	n/a	SC.	12000	kilo
Poroto granad	n/a	VC.PRE.	11.000	kilo
Poroto verde	n/a	SI.	7000	kilo
Poroto verde	n/a	SC.	8.000	kilo
Poroto verde	n/a	VC.PRE.	7500	kilo
Poroto verde	industria	SC.SI.	19.000	kilo
Puerro	n/a	PRE. VC.	60000	paquete
Puerro	n/a	VC.	50.000	paquete
Puerro	industria	PRE. VC.	47500	kilo
Repollo	n/a	SI.SC.VC.PRE.	36.000	unidad
Repollo	n/a	SI.SC.VC.PRE.	36000	unidad
Romanesco	industria	VC. PRE. SC. SI	19.000	kilo
Romanesco	industria	VC. PRE. SC. SI	19000	kilo
Romanesco	industria	VC.PRE.	15.000	kilo
Romanesco	industria	VC.PRE.	15000	kilo
Romanesco	industria	VC.PRE.	15.000	kilo
Romanesco	industria	SC. SI	15000	kilo
Romanesco	industria	SC. SI	15.000	kilo
Tomate	n/a	SI.	60	toneladas
zanahoria	n/a	SC.	40.000	paquete
zanahoria	n/a	SC.	8000	mallas 5 kg
zanahoria	n/a	SC.	1.000	sacos 25 kg
zanahoria	n/a	SI.	1125	sacos 25 kg
zanahoria	n/a	SI.	45.000	paquete
zanahoria	n/a	SI.	9000	mallas 5 kg
zanahoria	n/a	SI.	1.125	sacos 25 kg
zanahoria	n/a	VC.PRE.	50000	paquete
zanahoria	n/a	VC.PRE.	10.000	mallas 5 kg
Zanahoria	industria	SC.SI	62000	kilo
Zanahoria	industria	VC.PRE.	55.000	kilo
zapallo guard	n/a	SI.SC.	6250	unidad
zapallo italian	n/a	SI.SC.	66.600	unidad
zapallo italian	n/a	VC.PRE.	93240	unidad

La precipitación efectiva (Ppeff) diaria se obtuvo de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAs) de INIA, a través de un registro histórico desde 2011 a diciembre de 2021 en las zonas agroecológicas: secano interior (EMA, La Providencia, comuna de Traiguén), precordillera (EMA INIA Carillanca, comuna de Vilcún), valle central (EMA, Cuarta faja, comuna de Gorbea) y secano costero (EMA Tranapunte, comuna de Carahue). La ecuación utilizada para el cálculo diario fue $Ppeff = (precipitación\ diaria - 10) \times 0,75$, en cada zona. La demanda neta (DN) diaria se estimó a través de la evapotranspiración del cultivo (ETc), considerando la diferencia entre ésta y la precipitación efectiva (Ppeff), que ocurre desde la siembra o plantación hasta la cosecha de cada una de las especies hortícolas. La demanda bruta (DB) se determinó en forma diaria en mm/día con eficiencia de aplicación de 0,9 % para sistema de riego por goteo (sistema de riego presurizado de alta frecuencia). Con esto se pudo obtener el volumen de agua en m³/ha para un sistema de producción con

riego por goteo desde la siembra o plantación hasta la cosecha, obteniéndose datos como ejemplo de la demanda neta de agua en hortalizas de raíz según esta metodología (Figura 8).

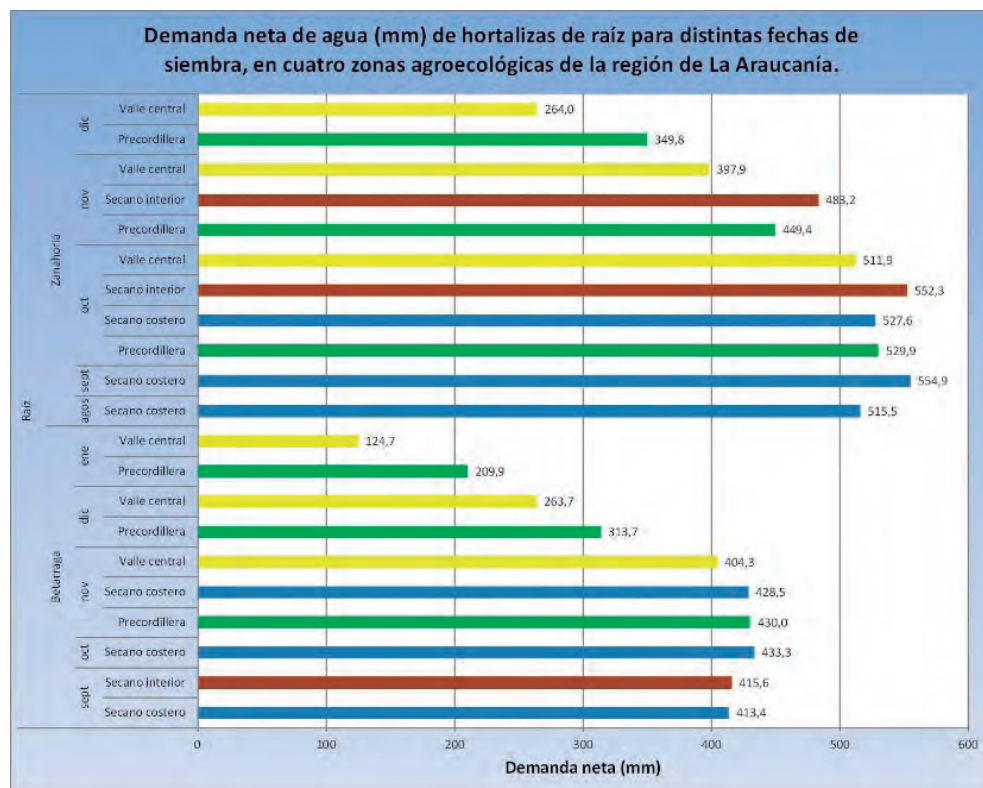


Figura 3. Demanda neta de agua (mm) estimada de hortalizas de raíz según la metodología descrita

Si al momento de ingresar a la plataforma no se incorpora la cantidad de agua disponible en m³/ha, la plataforma sólo podrá recomendar cultivos tradicionales como trigo, avena y lupino, ya que para los otros tipos de especie siempre considera conocer el agua que se dispone para determinar la superficie recomendable a cultivar.

Variable 7. Series de precios históricos

Como se explicó previamente, los precios de compra de los productos se levantaron de fuentes oficiales de ODEPA. En la figura 9 se presenta un extracto de la planilla de precios, el que está expresado en CLP (\$) por semana de venta. Para el caso de la figura, se consideró el precio del kilo de zanahoria.



Figura 4. Ejemplo de serie de precios semanales-caso zanahoria industrial

Fuente: Plataforma planpredial.inia.cl

El sistema cuenta con la serie de precios desde 2010 a 2022 y proyectada a 2023, en donde se indica el precio por semana de todo un año de acuerdo a cada especie. Esta información es utilizada para determinar cuándo se puede obtener el mejor el precio y, de acuerdo a ello, recomienda cuándo iniciar su sistema productivo.

Otras variables consideradas

Capital de trabajo: corresponde al dinero (\$) con el que se debe contar para cubrir costos directos del cultivo de cualquier especie hasta el inicio de ingresos por venta. Esta variable es obligatoria, de lo contrario la plataforma no arroja alternativas de sistema productivo.

Porcentaje de reinversión cultivo anterior (%): corresponde al porcentaje de dinero del último cultivo que se debe considerar para reinvertir en el siguiente. En general, se puede hablar entre 50-75 %.

Inicio de labores en campo: corresponde al mes en que el usuario quiere iniciar su sistema productivo. En algunos casos el sistema arroja el mes de acuerdo a las labores previas de siembra o plantación en donde existe el tiempo (mes) suficiente para estas labores para, recién de acuerdo al precio de venta que se proyecta en la temporada, recomendar el mes en el que debiera iniciar el sistema.

Superficie máxima de producción: es una variable definida en la plataforma para poner un techo límite de superficie de producción de manera de evitar una superficie indefinida dados los márgenes brutos.

Validaciones en campo

En el marco del proyecto Innova Corfo “Optimización de los recursos disponibles de los agricultores de La Araucanía, mediante la generación de información técnico económica que facilite la toma de decisiones de sus sistemas productivos”, ejecutado entre los años 2015 y 2018 se estableció una unidad hortícola en campo, en precordillera, para validar información técnica en las diferentes especies hortícolas consideradas para venta en fresco en temporada otoño-invierno y temporada primavera-verano, en cuanto a variedades, rotaciones, tiempo de duración de labores en jornadas hombre, rendimiento, otros (Figura 10).

Actualmente, en el marco del programa GORE-INIA “Mejoramiento de la competitividad del rubro hortícola en La Araucanía con el propósito de transformar a la región en el proveedor de hortalizas para la zona sur y de exportación”, se validó en campo un grupo de 11 especies hortícolas con aptitud agroindustrial: arveja, betarraga, brócoli, espinaca, haba, kale, maíz dulce, poroto verde, puerro, romanesco y zanahoria.

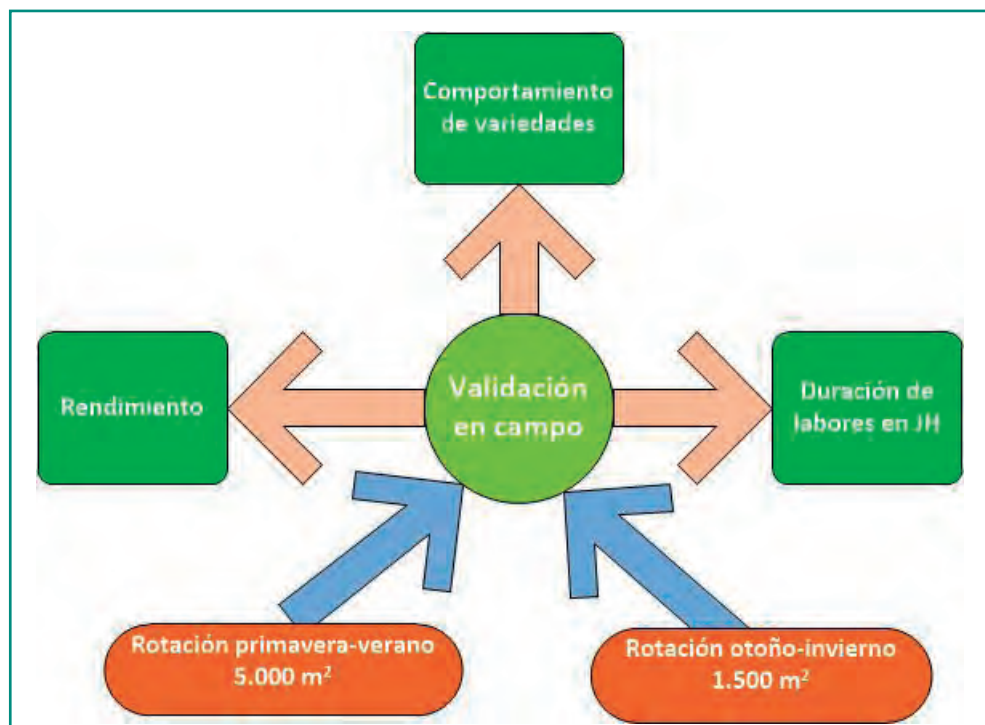


Figura 5. Esquema de validaciones de hortalizas en campo para el levantamiento de información en diferentes temporadas

Plataforma: *planpredial.inia.cl*

Finalmente, en el link *planpredial.inia.cl* el usuario ingresa y tiene una vista inicial (Figura 11) para interactuar en una plataforma de gestión predial que permite programar sistemas productivos nuevos y sistemas en funcionamiento.

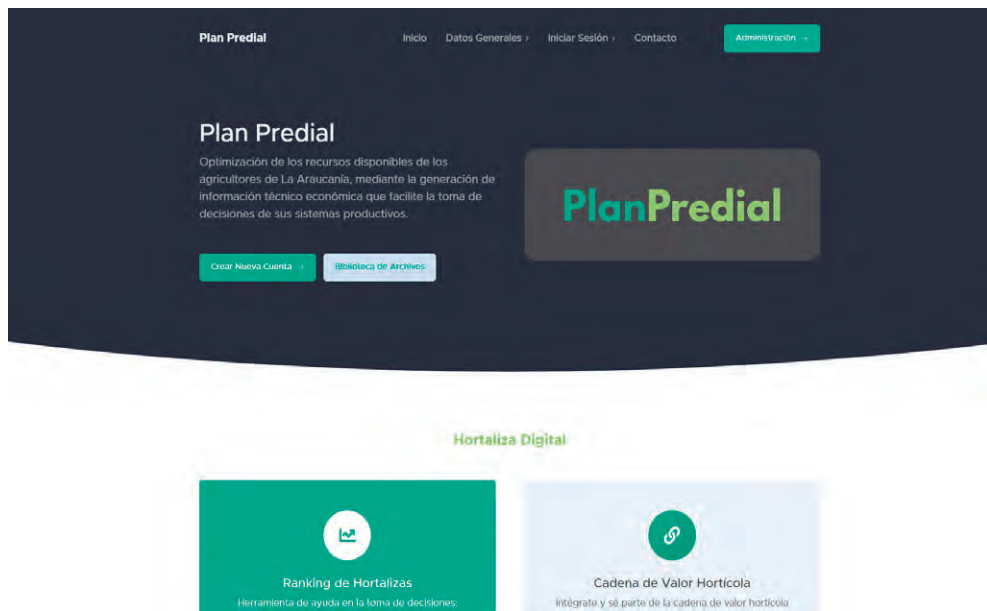


Figura 6. Vista de inicio de la plataforma *planpredial.inia.cl*

Para trabajar en ella, el usuario deberá inscribirse e ingresar:

- Los antecedentes de sus predios.
- La comuna donde están ubicados los predios.
- Si tiene disponibilidad de agua, ingresar los m³ disponibles.
- Ingresar los potreros del predio y la historia de rotación de cada potrero hasta tres temporadas previas. A partir de esta información clave, el sistema utiliza todas las variables señaladas e indica las especies factibles a cultivar.

La plataforma permite dos tipos de sistemas, sistema nuevo y sistema en funcionamiento:

- Un sistema nuevo, es decir, el usuario si no tiene una vocación productiva definida, debe elegir **Sistema nuevo** y esperar saber qué le recomienda producir en su predio y potrero seleccionado.

- Un **Sistema en funcionamiento**, es decir, el usuario tiene una vocación definida (productor de hortalizas, cereales, lupino, frutales, ovinos), por lo que indicando su vocación, sólo necesita saber cómo, cuánto y cuándo producir.

Según la vocación productiva especificada por el usuario, se puede optimizar el uso de suelo para 24 meses. La solución obtenida al realizar la optimización, muestra el tipo de especie que se deberá producir en una superficie descrita, el manejo en cada actividad de las seis etapas (presiembrá, siembra/plantación, crecimiento, cosecha, poscosecha y administración general del predio) que la plataforma ha modelado.

Al usuario se le muestra, en detalle, las actividades que deberá realizar en conjunto con los insumos que necesitará comprar, el rendimiento esperado, los egresos separados por costos directos y costos indirectos y, por último, los ingresos por venta. El usuario puede exportar el resultado a un archivo PDF, donde podrá contar con un detalle de cada labor por etapa y su descripción, y costos asociados, sumado a un detalle de las actividades con fecha de cada una y un resumen de los indicadores de costos y rendimiento del paquete de manejo, de acuerdo a la realidad del predio. Este PDF se podrá imprimir o guardar en el computador, sumado a que el usuario podrá modificar precio de insumos, tipo de insumo, lo que arrojará un nuevo resultado de acuerdo a cada realidad.

Además, la plataforma contiene una biblioteca de archivos donde el usuario podrá encontrar material descargable de manuales, fichas técnico-económicas de los cultivos, e informativos, entre otra información de interés que ayudará a comprender el resultado que arroja la plataforma.

Referencias

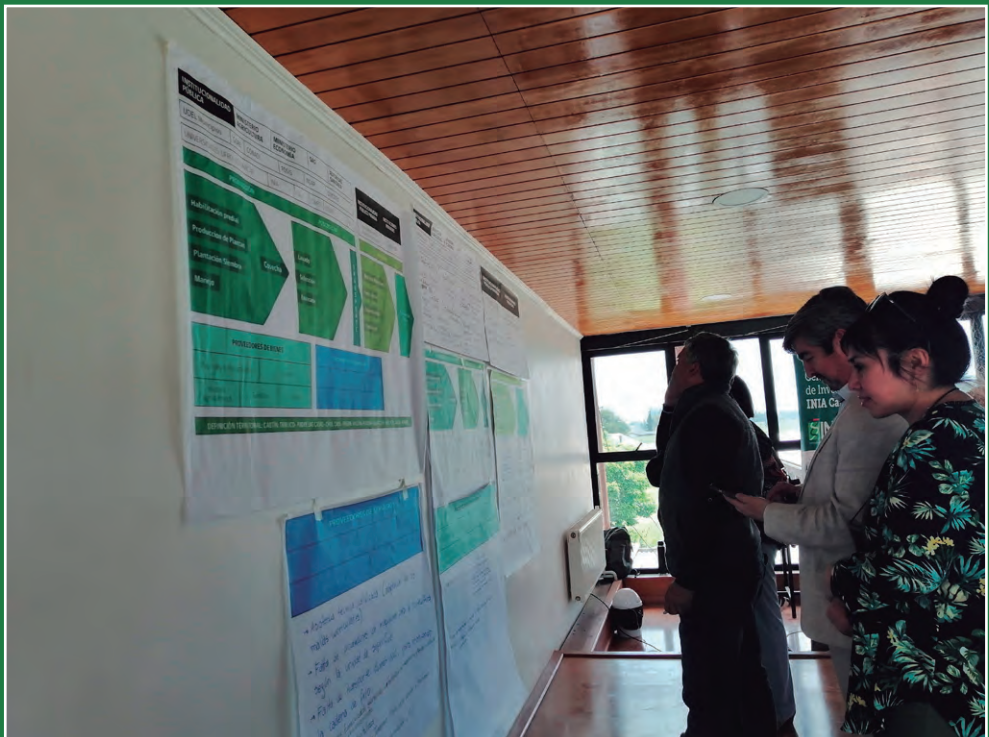
FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje N°56, Roma, Italia: 322p.

Rouanet, J.L., Romero, O. y Demanet, R. Ene-Mar 1988. Áreas agroecológicas en la IX región: descripción [en línea]. Investigación y Progreso Agropecuario Carillanca. v. 7(1) p. 18-23. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/41361> (Consultado: 15 diciembre 2022).

Cadena de valor hortícola 2022 para La Araucanía

Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias

Maritza Bastías Millanao, Ing. Agrónomo, Magíster ©



Una cadena de valor es una herramienta de análisis estratégico que ayuda a determinar las ventajas competitivas de una empresa o un rubro. Se representa a través de etapas, a modo de flujo, donde se muestra una amplia variedad de actividades y etapas necesarias para que un producto o servicio llegue desde la producción hasta los consumidores. Cada una de las etapas es un eslabón de la cadena que agrega valor para los clientes. Además, en la cadena de valor de un rubro se presenta a los grupos de interés que indirectamente influyen o afectan a los actores de los distintos eslabones.

Uno de los productos del programa GORE-INIA “Mejoramiento de la competitividad del rubro hortícola en La Araucanía con el propósito de transformar a la región en el proveedor de hortalizas para la zona sur y de exportación”, fue desarrollar un modelo computacional de la Cadena de Valor Hortícola de la Región de La Araucanía que se elaboró y validó el año 2016 con la participación de productores, investigadores, equipos de fomento productivo de servicios públicos y municipalidades, y empresas proveedoras de bienes y servicios (Kehr y Bastías, 2016). En esa ocasión se elaboró el siguiente mapeo de la cadena de valor para el rubro hortícola de la región (Figura 1).

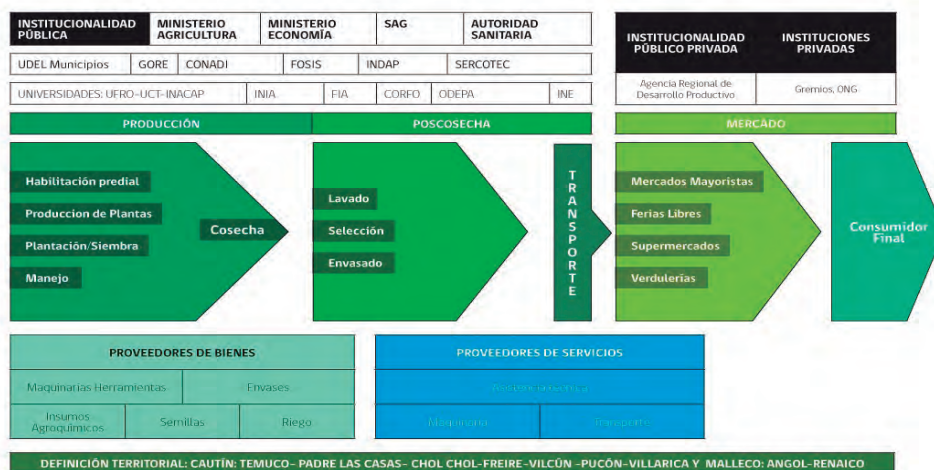


Figura 1. Cadena de valor del sector hortícola de la Región de La Araucanía (Kehr y Bastías, 2016)

Para el desarrollo de este producto se consideró pertinente revisar este mapeo y elaborar una actualización después de siete años, para agregar otros actores que ahora son parte de la cadena de valor. Para ello, un taller se realizó en noviembre de 2022, donde participaron 18 personas, agrupadas en: a) cinco agricultores, tres de los cuales son parte de la Asociación Gremial Hortícola, b) cinco funcionarios de municipalidades (UDEL y PDTI), c) cuatro funcionarios de servicios públicos relacionados con el agro (SAG, FIA, INIA y Seremía de Agricultura), d) tres profesores de liceos agrícolas y e) un representante de la

Universidad Autónoma. Desde el punto de vista territorial, hubo participación de personas de seis comunas de la región: Temuco, Freire, Padre Las Casas, Vilcún, Chol Chol y Angol.

Cabe señalar que la convocatoria a la actividad fue acotada y no masiva, con el propósito de reunir a personas que habían participado en la versión de la cadena de valor a actualizar y que fueran parte activa de los distintos eslabones o stakeholders de la misma.

Para actualizar la cadena de valor con la participación de los asistentes, se formaron tres grupos que rotaron por tres mesas de trabajo (Figura 2) para completar actores faltantes e información relevante para incluir en el sistema, considerando eslabones y partes interesadas (stakeholders) de la cadena. Esta metodología, conocida como "World Café" (The World Café Community Foundation, 2015), permite que todos los participantes contribuyan en todos los temas en un tiempo razonable. El resultado final de cada mesa se revisa y valida en una conversación plenaria final. La organización de los temas fue la siguiente:

Mesa 1: revisar y actualizar actores de la cadena vinculados a institucionalidad pública y privada.

Mesa 2: revisar y actualizar actores de la cadena vinculados a producción y postproducción, transporte, proveedores de bienes y proveedores de servicios.

Mesa 3: revisar y actualizar actores de la cadena vinculados al mercado.



Figura 2. Taller grupal de la actualización de la Cadena de Valor

En relación con el **eslabón de productores**, los participantes definieron la producción de hortalizas como una actividad sustentable y adaptada al cambio climático. Además, enumeraron la información relevante que debiera disponerse de cada actor como: trazabilidad de los predios, infraestructura disponible para cultivo, cosecha y poscosecha, tipo de producción, disponibilidad y calidad de agua, sistemas de riego, otros productos como semillas, plantines, sistemas de control de plagas, manejo y uso de multiresiduos, características del transporte que utiliza y participación en organizaciones de productores (cooperativas, Asociación Gremial Hortícola u otros).

En el **eslabón de mercado** se consideró agregar los actores e información relevante indicada en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Actores e información relevante

¿Quiénes faltan?	Función en la cadena de valor	Información necesaria
Compradores del Estado: JUNAEB, Gendarmería, Servicio de Salud, entre otros	Establecer cuotas de compra de hortalizas a nivel regional en sus licitaciones.	Volúmenes requeridos. Exigencias sanitarias. Plazos y formas de pago. Mecanismos de licitación. Contacto en la región.
Asociaciones de consumidores (cooperativas y otros)	Posibles compradores con entregas programadas y con comercio electrónico.	Volúmenes requeridos. Exigencias sanitarias. Plazos y formas de pago. Contacto en la región.
Empresas de agro elaborados	Compra de hortalizas como materia prima para conservas, jugos, congelados u otros.	Volúmenes requeridos. Exigencias sanitarias. Plazos y formas de pago. Mecanismos de licitación. Contacto en la región.
Cámaras de comercio y turismo	Compra de hortalizas como insumos para hoteles y restaurantes.	Volúmenes requeridos. Exigencias sanitarias. Plazos y formas de pago. Mecanismos de licitación. Contacto en la región.
Circuitos cortos	Puntos de venta presencial o virtual permanentes a nivel local, privado o municipal. Atención de clientes finales con entregas programadas y compra a través de comercio electrónico (canastas).	Municipios que organizan. Requisitos para productores. Contacto en las comunas.
Ferias locales	Puntos de venta esporádicos nivel local, privados o municipales.	Municipios que organizan. Requisitos para productores. Contacto en las comunas.

Para los **proveedores de bienes** no se agregaron nuevos actores y se especificó el rol de cada uno en la cadena de valor.

A los proveedores de maquinaria especializada les corresponde ofrecer soluciones mecanizadas adaptadas a las condiciones y diversidad de productores hortícolas de la región, y se requiere que entreguen información técnica en lenguaje comprensible para productores y asesores.

De los proveedores de riego se requiere soluciones de riego específicas para el rubro y que estén vinculadas a los instrumentos de fomento existentes para estos fines.

También se reconoce la importancia de proveedores de semillas, que tengan oferta actualizada para el rubro y que incluya nuevos cultivos. Por otra parte, los proveedores de insumos, quienes debieran ofrecer cantidades acorde a los requerimientos y posibilidades financieras de los horticultores.

En relación con los **proveedores de servicios**, en la actualización se agrega a empresas de asistencia técnica especializada y laboratorios especializados para análisis de suelo, agua, pesticidas, información nutricional para la producción y comercialización de productos hortícolas.

Los actores indirectos del **sector público** es el grupo donde se incluyó el mayor número de actores nuevos. El Ministerio de Obras Públicas (MOP) por la relevancia en la mejora y mantención de vialidad rural; las tareas de la Dirección Obras Hidráulicas (DOH) y de la Dirección General de Aguas (DGA). También, los Ministerios de Educación (educación rural y técnico profesional), Bienes Nacionales (regularización de títulos de propiedad), Energía (apoyo a proyectos asociativos agrícolas de ERNC y electromovilidad) y de Salud (como responsable de otorgar resolución sanitaria para hortalizas y agro elaborados) fueron incluidos.

Otras entidades estatales que se incluyeron son la Agencia de Sustentabilidad y Cambio Climático, a cargo de acuerdos voluntarios en producción limpia, pre inversión, gestión de cuencas y gestión hídrica; la Comisión Nacional de Riego con financiamiento de riego para distintos tipos de agricultores y Banco Estado como fuente de créditos para inversión, reconversión y de enlace de cultivos, recuperación de suelos y obras de riego y drenaje.

Como **entidades público-privadas** se menciona a la Corporación Regional de Desarrollo Productivo de La Araucanía¹; Servicio País, a través de sus profesionales que aportan al desarrollo local; y la Comisión Hortícola de la Región de La Araucanía, entidad convocada y presidida por SEREMI de Agricultura, integrada por servicios públicos del MINAGRI, Academia y Asociación Gremial Hortícola de La Araucanía para promover el desarrollo del rubro.

Entre las **entidades privadas** que indirectamente son parte de la cadena de valor se agregan las universidades Autónoma y Santo Tomás, ambas por su rol en investigación en temas de mercado, organización cooperativa, entre otras. La Unión Nacional de Ferias Libres (UNAF Chile) fue incluida como asociación de cooperativas y la ONG Huella Local.

1 Es el nuevo nombre de la Agencia Regional de Desarrollo.

En esta nueva versión de la cadena se incluye a la Asociación Gremial Hortícola, puesto que el año 2016 no existían organizaciones de este tipo, para la representación gremial y gestión de actividades de desarrollo para los horticultores y el rubro hortícola (capacitación, investigación, promoción, entre otras). Esta se generó como producto de la brecha identificada respecto de la falta de gobernanza del sector hortícola.

Al actualizar la cadena de valor hortícola y comparar ambas versiones aparecen varios temas de reflexión:

En primer lugar, hay un reconocimiento de que durante los años en que se está trabajando para el desarrollo de este rubro han participado muchos agricultores, así como otros actores. Se ha ido materializando una construcción colectiva.

Otro aspecto que se evidencia es que ahora la cadena está representada por más actores y mayores interrelaciones, más completa y compleja. Por ejemplo, la creación de la Asociación Gremial Hortícola en la región y del Consejo Hortícola público-privado da cuenta de avances en la gobernanza del sector, que permite generar oportunidades y gestionar acciones para el desarrollo del rubro. La elaboración de una nueva Estrategia de Desarrollo Regional es una instancia propicia para que el rubro hortícola se haga presente con una voz y sea reconocido por su aporte a la economía de la región y la alimentación de sus habitantes.

Hay nuevos elementos de mercado que tomar en cuenta, como la relevancia de los circuitos cortos y del comercio electrónico para este rubro, los mercados locales, entre otros. Esto genera nuevas necesidades de equipos, conectividad y capacitación.

La evolución del cambio climático hace que aparezcan más actores relacionados con riego, eficiencia energética, gestión de residuos, entre otros. Así como las dificultades para conseguir mano de obra, vuelve el interés de agricultores por la mecanización de la actividad hortícola.

Como producto del taller participativo de las distintas partes interesadas (stakeholders) del sector hortícola, se cuenta hoy con una actualización de la cadena de valor hortícola 2022 (Figura 3).

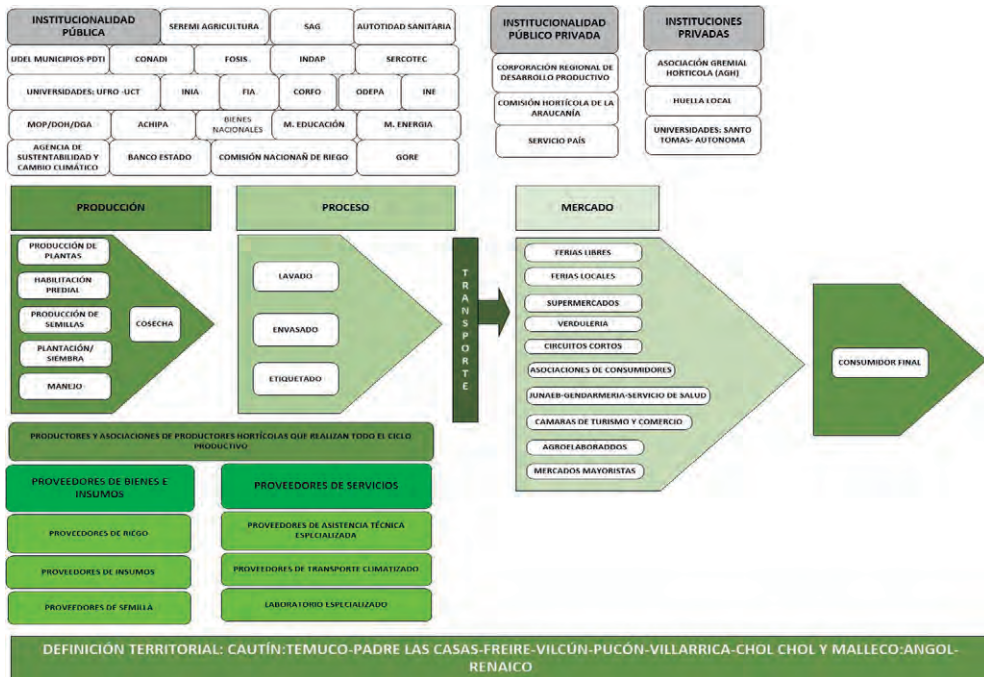


Figura 3. Cadena de valor hortícola de la Región de La Araucanía 2022

Referencias

Kehr, E., y Bastías, M. 2016. Poscosecha Hortícola en la Región de La Araucanía: una mirada de la situación actual y proyecciones a través de la vinculación Ciencia-Empresa. Publicación editada en el marco del Proyecto "Contribución a la competitividad hortícola en La Araucanía, por medio de vínculos ciencia - empresa, generando una visión estratégica compartida para el desarrollo tecnológico e innovación en el ámbito de la poscosecha", VCE5N000011, cofinanciado por CONICYT Regional. 108 p.

The World Café Community Foundation. 2015. "Una Guía Rápida para ser Anfitrión de World Café". <https://www.theworldcafe.com/wp-content/uploads/2017/11/Cafe-para-llevar.pdf>

Parte II.

Especies hortícolas con aptitud agroindustrial



Arveja verde

Pisum sativum L.

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



Centro de origen y características botánicas

La arveja es una legumbre, pertenece a la familia Fabaceae, fue una de las primeras plantas domesticadas en el mundo. Su centro de origen es el Medio Oriente, se ha encontrado evidencias en villorrios neolíticos del norte de Iraq, sur y sur este de Turquía y Siria, indicando que su cultivo y uso como alimento data entre 7000 y 6000 A.C. (Ambrose, 2008). Algo más tarde se reporta presencia en sitios del sur de Europa (Zohary y Hopf, 1973).

La arveja es una especie de germinación hipogea, o sea, los cotiledones permanecen bajo el suelo. Así, una vez iniciado el proceso de germinación aparece la plúmula en primer lugar y, luego, el primer par de hojas verdaderas. Bajo las hojas verdaderas se hace visible el epicotilo, estructura que lleva consigo dos hojas rudimentarias llamadas brácteas trífidas. Al emerger las plantas, la radícula ya presenta algunas raíces secundarias; éstas logran un buen crecimiento antes de que ocurra el despliegue de la tercera hoja. La radícula, posteriormente, continúa creciendo hasta transformarse en una raíz pivotante, que puede alcanzar hasta 1 m de profundidad, lo normal es que no penetre más allá de 50 cm. Las raíces secundarias pueden llegar hasta la profundidad de la raíz pivotante, de aquí se origina una cobertura densa de raíces terciarias. Los tallos son trepadores y angulosos; existen variedades de crecimiento determinado y otras de crecimiento indeterminado. Las hojas tienen pares de folíolos y terminan en zarcillos, que tienen la propiedad de aferrarse a los tutores que encuentran en su crecimiento. El pecíolo de las hojas se encuentra abrazado al tallo por un par de estípulas de margen entero, de igual o mayor tamaño que los folíolos, generalmente sobrepuestas (Figura 1), y que hacen un importante aporte fotosintético (Faiguenbaum, 1993).



Figura 1. Estípula de la planta de arveja



Figura 2. Vainas de la planta de arveja

La formación del primer nudo reproductivo del tallo está determinada genéticamente. A partir de él, la floración se inicia y prosigue hacia la parte superior de la planta. Los racimos axilares se agrupan en 1, 2 o 3 flores, generalmente, de color blanco. Posteriormente, ocurre la autopolinización y se debe a la cleistogamia natural de la arveja (la flor no abre). La liberación del polen ocurre 24 horas antes de la apertura de la flor, aunque igualmente se presenta un porcentaje bajo de polinización cruzada por acción de insectos. La fructificación empieza con el desarrollo del fruto hasta alcanzar su tamaño máximo (4 a 12 cm de largo y 1 a 2 cm de ancho), para luego iniciar la etapa de llenado de granos, los que se ubican alternadamente en las valvas a lo largo de la sutura placentar de la legumbre, y culmina con la maduración de 4 a 12 semillas por vaina (Figura 2). (Dimitri, 1978).

La semilla de arveja tiene una ligera latencia; el peso medio es de 0,20 gramos por unidad; el poder germinativo es de 3 años como máximo, siendo aconsejable emplear para la siembra semillas que tengan menos de 2 años desde su recolección (Dimitri, 1978).

Estadísticas productivas regionales

La superficie nacional de arveja verde en los últimos 10 años ha estado en 1.958 hectáreas anuales en promedio (ODEPA, 2022). Así, para la temporada 2020/2021, la superficie sembrada alcanzó a 1.809 hectáreas, siendo la Región de La Araucanía una de las más importantes con 310 hectáreas (17,2 % de la superficie nacional) como se observa en el cuadro 1 (ODEPA, 2022). La región fue superada en superficie sembrada solo por Maule (21%) y Ñuble (18 %) en la temporada analizada, pero La Araucanía tiene un gran potencial productivo con un mercado importante hacia la Patagonia.

Cuadro 1. Distribución nacional en superficie y porcentaje de siembras de arveja verde de la temporada 2020/2021

Región	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Arica y Parinacota	14,0	0,8%
Atacama	60,1	3,3%
Coquimbo	85,0	4,7%
Valparaíso	40,5	2,2%
Metropolitana	144,8	8,0%
O'Higgins	91,2	5,0%
Maule	380,5	21,0%
Ñuble	327,5	18,1%
Biobío	177,2	9,8%
La Araucanía	310,5	17,2%
Resto País	177,9	9,8%
Total	1.809	

En los últimos nueve años, el promedio de superficie sembrada con arveja verde en La Araucanía ha estado en 310 hectáreas (ODEPA, 2022), con fluctuaciones anuales de 112 hectáreas entre la de menor superficie en 2020 y de mayor superficie en 2016 (Figura 3).

Sin embargo, la tendencia ha sido estable en el tiempo, indicando que la producción promedio anual de arveja verde en la región varía muy poco. Por otro lado, la venta en ferias y mercados nacionales de arveja verde proveniente de La Araucanía ha sido de 590.500 sacos de 25 kg en la temporada 2019, con un precio promedio de \$813 por kilo, mientras que en 2020 se comercializaron 673.825 sacos de 25 kg, a un precio promedio de \$901 por kilo, y el año 2021, 702.300 sacos a un promedio de \$941 por kilo. Todos estos precios están actualizados a precio real en pesos de junio 2022, según la inflación de cada periodo (ODEPA, 2022).

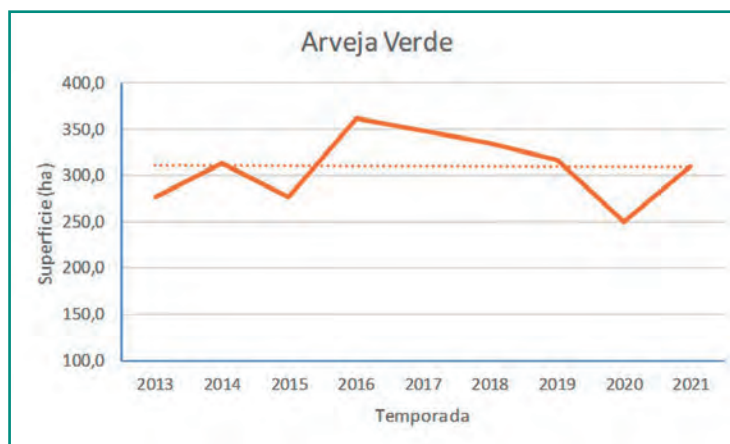


Figura 3. Superficie sembrada con arveja verde en los últimos nueve años en la Región de La Araucanía

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y ciclo de desarrollo

El cultivo de la arveja para su desarrollo requiere de temperaturas entre 16–20 °C en el día y 10–16 °C de noche, mientras que el rango para el crecimiento fluctúa entre 6 y 30 °C. Por ser una especie de clima templado, no tolera temperaturas desde -3 a -4 °C. Así, la planta detiene su crecimiento con temperaturas menores a 7 °C, mientras que temperaturas sobre 30 °C provocan un desarrollo de vaina deficiente en calidad para mercado en verde (Cubero, 2019). La suma térmica entre siembra y cosecha de arveja para verde fluctúa entre 285 y 300 grados días acumulados (GDA, base 10) en la Región de La Araucanía.

Esta especie prefiere suelos de textura ligera o media, bien drenados y porosos, su crecimiento es deficiente en suelos demasiado húmedos y con exceso de arcilla. El pH

óptimo está entre 6 y 7. Es un cultivo muy sensible a la compactación del terreno, reduciéndose el crecimiento y desarrollo (área foliar, número de flores, etc.) (Cubero, 2017).

La época de siembra en la Región de La Araucanía difiere según el territorio que se trate, tal como se muestra en el cuadro 2 (Kehr y Bastías, 2016), obtenido de la plataforma Plan Predial de INIA.

Cuadro 2. Épocas de siembra de arveja para verde en las zonas agroecológicas de La Araucanía

Zona agroecológica	Inicio	Fin
Secano interior	01 junio	30 agosto
Secano costero	01 junio	30 agosto
Valle central	01 junio	30 septiembre
Precordillera	01 julio	30 septiembre

El ciclo de crecimiento y desarrollo del cultivo de arveja para verde puede demorar de 80 a 110 días según la variedad y tiempo atmosférico del lugar durante todo su periodo fenológico (Figura 4), para completar los grados días acumulados necesarios para madurar y llegar a cosecha.

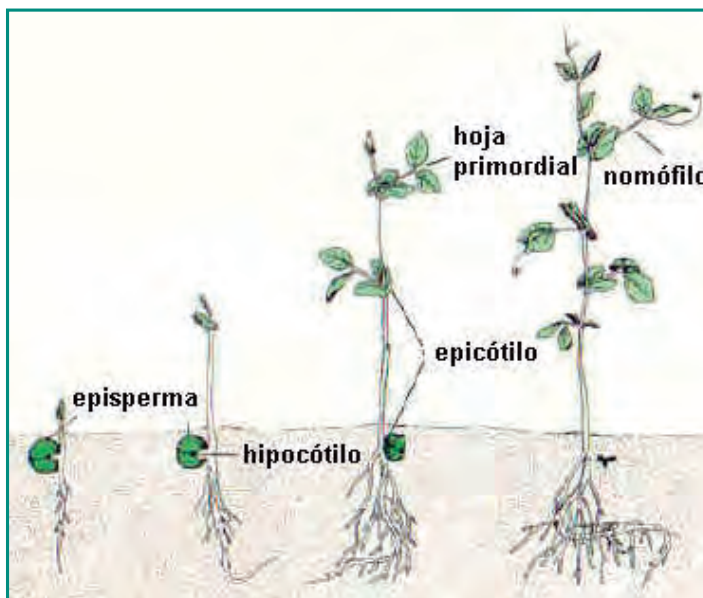


Figura 4. Ciclo general de crecimiento y desarrollo del cultivo de la arveja para verde (http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/arveja.htm)

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

La arveja para verde usa poblaciones menores que para seco, ya que la cosecha es manual y se requiere mayor distanciamiento para poder cortar las vainas. La distancia entre hileras recomendada es de 0,3 m, y sembrada a chorro continuo sobre la hilera, con una densidad de 50 a 60 plantas por metro cuadrado. Por lo tanto, una cantidad de 120 kg/ha de semilla se debe usar (600.000 semillas a la siembra), pero por problemas de germinación y otras pérdidas se obtiene una población final cercana a 500.000 plantas/ha.

Necesidades hídricas

En la Región de La Araucanía, el cultivo de arveja pasa la mitad de su periodo fenológico bajo condiciones de seco y el otro bajo condiciones de lluvia por la época de siembra. Al iniciar la primavera y su respectivo cambio de pluviometría, es necesario regar durante la temporada. En general, se riega por surcos, donde lo importante es evitar contacto con la planta. Sin embargo, lo más recomendable es el riego por cinta, donde se controla completamente el caudal y los tiempos de riego. Una cinta por hilera se debe instalar y regar cada 7 a 10 días haciendo un seguimiento en campo durante el ciclo del cultivo. En el cuadro 3 se presentan los requerimientos de agua necesarios para este cultivo en las diferentes zonas agroecológicas de La Araucanía, por época de siembra hasta cosecha en verde. La metodología utilizada para el cálculo se indica en el Anexo 1.

Cuadro 3. Requerimientos de agua por zona agroecológica en la Región de La Araucanía del cultivo de arveja para verde

Zona agroecológica	Mes de siembra	Mes de inicio cosecha	Demanda bruta (mm/ha)
Secano costero	Junio	Noviembre	325
	Julio	Diciembre	370
	Agosto	Enero	469
Secano interior	Junio	Noviembre	366
	Julio	Diciembre	420
	Agosto	Enero	542
Valle central	Junio	Noviembre	311
	Julio	Diciembre	359
	Agosto	Enero	474
	Septiembre	Febrero	519
Precordillera	Julio	Diciembre	394
	Agosto	Enero	504
	Septiembre	Febrero	559

Necesidades nutricionales

La arveja, por ser una leguminosa, hace un importante aporte de nitrógeno al suelo por fijación simbiótica, donde se estima una fijación promedio de 225 kg/ha/año (EOS Data Analytic, 2022). Por ser un cultivo que requiere pH neutro, es conveniente realizar un encalado al suelo antes de la siembra, en regiones como La Araucanía donde haya suelos con pH bajos, debiendo aplicar una cantidad de cal de acuerdo al análisis de suelo para neutralizar la acidez y hacer más disponibles los nutrientes como el fósforo. Aunque la planta fija nitrógeno del aire, requiere de una dosis básica para su inicio, es suficiente entre 20 y 40 kg/ha de nitrógeno en forma de urea, salitre u otra fuente de nitrógeno. El fósforo y potasio se debe ajustar de acuerdo al análisis de suelo, se aplican en cobertera e incorporando con el último rastraje.

La extracción de cosecha y total de nutrientes por el cultivo de arveja se presenta en el Cuadro 4 (Ciampitti y García, 2007). En el cuadro 5 se muestra la necesidad total de nutrientes por el cultivo para producir 10 t de vaina verde, asumiendo que la extracción por vaina verde equivale al 60 % del peso total de la planta.

Cuadro 4. Absorción total de nutrientes y extracción de cosecha (kg/ton arveja)

Nutriente	Absorción total (kg/t)	Extracción de cosecha (kg/t)
Nitrógeno (N)	20,8	15,0
Fósforo (P)	2,8	1,7
Potasio (K)	14,8	8,9
Calcio (Ca)	8,9	5,3
Magnesio (Mg)	1,7	1,0

Cuadro 5. Necesidad total de nutrientes para producir 10 t de vaina de arveja verde

Nutriente	Necesidad (kg/ha)
Nitrógeno (N)	354
Fósforo (P)	48
Fósforo (P ₂ O ₃)	109
Potasio (K)	252
Potasio (K ₂ O)	303
Calcio (Ca)	151
Magnesio (Mg)	29

Manejo de enfermedades

El cultivo de arveja es afectado por una serie de enfermedades, las que pueden ser mitigadas con un manejo cultural adecuado. Es fundamental la rotación con especies no leguminosas, usando cultivos que rompan ciclos biológicos de muchas enfermedades, esencialmente fungosas, como la avena. Se recomienda una preparación temprana de suelos, aireando bien, de manera de exponer órganos de sobrevivencia que están enterrados en el suelo a condiciones extremas de temperatura y sequedad. Otra medida importante es la elección de la variedad, que presente tolerancia y/o resistencia a enfermedades que afectan a la arveja. La fertilización nitrogenada debe ser racional, evitando excesos o déficit, los que producen desequilibrios en la vegetación, que impiden la aireación del cultivo y la eliminación de excesos de humedad, base para la proliferación de enfermedades fungosas. Por lo mismo, es necesario eliminar las malezas con un control exhaustivo, ya que sirven como reservorio de enfermedades. Por último, evitar densidades altas de siembra, porque compiten entre ellas produciendo plantas débiles y delgadas, las cuales son muy fáciles de colonizar por enfermedades.

Por otro lado, Acuña (2008) entrega una completa lista de enfermedades reconocidas por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) que tienen a la arveja como huésped. Así, no todas estas enfermedades tienen importancia económica, pero si hay un manejo no adecuado, se pueden convertir en un gran problema. En el Cuadro 6 se presenta el trabajo de recopilación con nombres, sinónimos biológicos y una breve descripción de síntomas para el cultivo de la arveja (Acuña, 2008).

Cuadro 6. Listado de enfermedades reconocidas en Chile para arveja (Acuña, 2008)

Agente causal	Síntomas
<i>Alternaria alternata</i> mancha de la hoja	Manchas café en lámina y pecíolos foliares; también en tallos y vainas de plantas con tejidos necrosados debido a pudriciones radiculares.
<i>Ascochyta pinodes</i> (tel. <i>Mycosphaerella pinodes</i>) tizón foliar	Hojas, tallos y vainas con manchas pequeñas, color púrpura o café oscuro, circulares a irregulares sin borde definido, a veces con anillos concéntricos o como estrías negro azulado. Ennegrecimiento de nudos y tallos, con lesiones negruzcas más grandes y alargadas, que circundan el tallo. Pudrición de la base del tallo, tizón foliar y muerte de plantas.
<i>Ascochyta pisi</i> tizón, manchado de hojas y vainas	Hojas, vainas y tallos con presencia de manchas pequeñas, circulares y levemente deprimidas, con centro de color café claro y borde oscuro, a veces anilladas. Lesiones elongadas como canchales en tallos y vainas, con desarrollo de picnidios en el centro.

Agente causal	Síntomas
<i>Botrytis cinerea</i> pudrición gris	Vainas con lesiones necróticas, café claro, acuosas, ovas, también en hojas y flores, ocasionando atizamiento de los tejidos afectados y desarrollo de micelio gris. Manchado de semillas.
<i>Colletotrichum pisi</i> (sin. <i>C. gloeosporioides</i>) antracnosis	Vainas, hojas, pecíolos y tallos con manchas necróticas, deprimidas, circulares, rojizas y con halo café oscuro. Necrosis de venas. Formación de acérvulos oscuros en el centro de las manchas, micelio rosado en condiciones de humedad. Necrosis de venas foliares.
<i>Erysiphe pisi</i> (sin. <i>E. polygoni</i>) (anam. <i>Oidium</i> sp.) oídio	Manchas foliares cloróticas y difusas, color café amarillento, luego necróticas, con micelio blanco grisáceo y pulverulento, también en vainas.
<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Pisi</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>F. solani</i> , <i>F. solani</i> f. sp. <i>Pisi</i> , <i>F. verticilloides</i> fusariosis	Amarillez foliar y desecación de la planta, inicialmente en hojas basales. Enrojecimiento de raíces y cuello, pudrición radicular, con decoloración café rojiza en el tejido vascular.
<i>Macrophomina phaseolina</i> (anam. <i>Sclerotium bataticola</i>) tizón ceniciento del tallo	Pudrición de tallos basales y raíces, con coloración gris y presencia de microesclerocios negros. Amarillez y desecación foliar.
<i>Peronospora pisi</i> mildiú	Manchas foliares cloróticas, amarillo pálido y luego café, con micelio y esporas de color gris violáceo y aterciopelado en el envés de las hojas. Deformación de brotes terminales y enanismo de las plantas.
<i>Phoma medicaginis</i> var. <i>pinodella</i> (sin. <i>Ascochyta pinodella</i>) tizón, tallo negro	Hojas con manchas pequeñas, de color rojizo o café ladrillo, circulares, con bordes definidos. Pudrición de la base de los tallos y raíces superficiales. Atizamiento y necrosis foliar.
<i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>syringae</i> mancha café, tizón bacteriano	Pequeñas manchas inicialmente verde-acuosas y angulares de 3 mm, que se vuelven café claro con borde oscuro, en axila de estípulas y hojas; manchas café oscuro en tallos y vainas. Deformación de los brotes nuevos. Tizón foliar y defoliación. Tallos con lesiones elongadas, de color café oscuro, con desprendimiento de la epidermis
<i>Phytophthora megasperma</i> <i>Pythium</i> sp. <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Cylindrocarpon</i> sp. pudrición radicular, caída de plantas	Plántulas con lesiones que estrangulan el tallo, con amarillamiento de los tejidos. Pudrición de semillas en pre-emergencia. Lesiones café y secas en base de tallos, y pudrición radicular en plantas adultas.

Agente causal	Síntomas
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> esclerotiniosis	Marchitez foliar asociada a pudrición basal del tallo, con desarrollo de micelio blanco algodonoso y esclerocios negros e irregulares, también en vainas.
<i>Septoria pisi</i> septoriosis	Manchas foliares café claro o amarillo claro, difusas, de forma y tamaño variables, con diminutos cuerpos negros (picnidios) en su centro; también en tallos, pecíolos y vainas. Tallos secos con picnidios en manchas grises de los nudos.
<i>Uromyces fabae</i> (sin. <i>Uromyces viciae-fabae</i>) roya	Pústulas pequeñas, anaranjadas o café rojizas (uredosoros) en hojas y tallos, con desarrollo posterior de pústulas negras (teleutosoros).
<i>Verticillium albo-atrum</i> <i>Verticillium</i> sp. verticilosis	Plantas con hojas basales amarillentas y/o necróticas. Decoloración y necrosis del sistema vascular de los tallos. Escaso sistema radicular.
Cucumber mosaic virus (CMV) Virus del mosaico del pepino	Lesiones necróticas en vainas, tallos y hojas, generalmente sin moteado. Vainas deformes, sin semillas o con semillas manchadas.

El manejo químico puede ser preventivo o curativo, pero solo se debe emplear fungicidas autorizados por el SAG para el cultivo y, específicamente, para la enfermedad. Para este cultivo, en el cuadro 7 se presenta el listado de productos autorizados por el SAG. Este listado va cambiando cada cierto tiempo, ya que hay productos que son retirados por las compañías, no tienen un control apropiado sobre la enfermedad, o bien, tienen efectos secundarios en la naturaleza o el ser humano.

Cuadro 7. Listado de ingredientes activos y productos comerciales para enfermedades de arveja aprobados por el SAG al 10 de octubre 2022

Enfermedad	Agente causal	Ingrediente activo	Producto comercial
Antracnosis	<i>Colletotrichum pisi</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WP
		Mancozeb	Dithane NT, Fuerza, Fungizeb 800 WP, Manco Capac, Mancozeb 80 %WP, Manzate 200, Unizeb 80 % WP

Enfermedad	Agente causal	Ingrediente activo	Producto comercial
Caída de plantas	Complejo de hongos	Carbendazima/Mancozeb	Anagran Plus
		Fludioxonil/Mefenoxam	Celest XL 035 FS
		Metalaxilo	Metalaxil 25 DP
		Tiram	Pomarsol Forte 80 % WG
Esclerotiniosis	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	<i>Bionecria ochroleuca</i> cepa <i>Mitique</i> / <i>Trichoderma gamsii</i> cepa <i>Volqui</i> / <i>Hypocrea virens</i> cepa <i>Ñire</i>	Mamull
		Ciprodinilo / Fludioxonilo	Switch 62,5 WP
		Iprodiona	Rovelin 500 WP, Rovral 50 % WP, Rukon 50 WP, Tercel 50 WP
Fusariosis	<i>Fusarium</i> spp	Carbendazima/Mancozeb	Anagran Plus
		Fludioxonil/Mefenoxam	Celest XL 035 FS
		Tiofanato-metilo/ Piraclostrobina	Acronis
Mildiú	<i>Peronospora pisi</i>	Azoxistrobina/Clorotalonilo	Amistar Opti
		Benalaxilo + Mancozeb	Galben M
		Cimoxanilo / Mancozeb	Moxan MZ WP
		Clorhidrato de Propamocarb/Fenamidona	Consento 450 SC
		Clorotalonilo	Balear 720 SC, Bravo 720, Glider 72 SC, Hortyl 720
		Mancozeb	Dithane NT, Fuerza, Fungizeb 800 WP, Manco Capac, Mancozeb 80 %WP, Manzate 200, Unizeb 80 % WP
		Mancozeb/Zoxamida	Arlen 80 WP, Harpon
		Metalaxilo-M/Clorotalonilo	Folio Gold 440 SC

Enfermedad	Agente causal	Ingrediente activo	Producto comercial
Oídio	<i>Erysiphe pisi</i>	Azufre	Acoidal Flo, Azufre 350 Agrospec, Azufre Flo Azufre Floable AN 600, Azufre Landia 350, Extra, Azufre Landia Aéreo, Azufre Mojable Urkabe, Azufre Ventilado Monte Urkabe, Sulfur 60 Flo, Sulfur 80 WG, Thiolux
		Difenoconazol	Caldera 250 EC Difenoconazol 250 EC Dominio 25 EC Premiado 250 EC Score 250 EC
		Mancozeb	Mancozeb 80 %WP
		Penconazol	Candado 200 EW, Topas 200 EW
		Tebuconazol	Apolo 25 EW, Tacora 25 EW, Tebuconazole 25 EW, Vertice 25 EW
		Triadimefon	Nabac 25 WP Swift-T 25 Xenor
Pudrición gris o Botritis	<i>Botrytis cinerea</i>	Ciprodinilo / Fludioxonilo	Switch 62,5 WP
		Iprodiona	Terzel 50 WP, Rovelin 500 WP
		Mancozeb	Dithane NT, Fuerza
		Tebuconazol	Apolo 25 EW, Tacora 25 EW, Tebuconazole 25 EW, Vertice 25 EW
Roya	<i>Uromyces fabae</i>	Azoxistrobina/Ciproconazol	Planet Xtra, Priori Xtra
		Ciproconazol	Alto 100 SL
		Mancozeb	Dithane NT, Fuerza, Manco Capac, Mancozeb 80 %WP, Manzate 200, Unizeb 80 % WP
		Triadimefon	Nabac 25 WP, Swift-T 25, Xenor

Enfermedad	Agente causal	Ingrediente activo	Producto comercial
Tizón de la arveja	<i>Ascochyta spp.</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WP
		Azoxistrobina/Clorotalonilo	Amistar Opti
		Carbendazima/Mancozeb	Anagran Plus
		Ciprodinilo / Fludioxonilo	Switch 62,5 WP
		Difenoconazol	Caldera 250 EC, Dominio 25 EC, Premiado 250 EC, Score 250 EC
		Mancozeb	Dithane NT, Fuerza, Fungizeb 800 WP, Manco Capac, Mancozeb 80 %WP, Manzate 200, Unizeb 80 % WP

Manejo de plagas

Varias son las plagas en este cultivo, algunas de mayor importancia como pulgones y cuncunillas. Para su control, hay diversos manejos de campo, como realizar una buena preparación temprana del suelo a fines de verano, donde aún hay temperatura alta de manera de exponer las larvas de insectos a deshidratación cuando se da vuelta el suelo, pero también está la acción de las aves que consumen estas larvas. Por otra parte, esta preparación del suelo ayuda al control de malezas, de manera de evitar que estas plantas sirvan de reservorio, posteriormente, a estas plagas. Siempre se debe considerar la rotación de cultivos, ya que, al rotar con especies de diferentes familias, algunos insectos no se pueden alimentar de especies específicas, excepto los más polípagos.

En el cuadro 8 se muestra un listado de plagas, con sus respectivos nombres científicos y su control químico, con ingrediente activo y productos comerciales que están en el mercado, autorizados para este cultivo por el listado del SAG al 10 de octubre de 2022. Este listado muestra las principales plagas de la arveja, pero puede haber otras especies que la puedan atacar, sin causar daño económico.

Cuadro 8. Listado de las principales plagas de la arveja y productos para su control químico autorizados por el SAG al 10 de octubre 2022

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Bruco	<i>Bruchus pisorum</i> , <i>Acanthoscelides obtectus</i>	Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
Cuncunilla	<i>Pseudoplusia includens</i> , <i>Rachiplusia nu</i> , <i>Syngrapha gammoides</i> , <i>Plutella xylostella</i> , <i>Helicoverpa virescens</i> , <i>Copitarsia spp.</i> , <i>Spodoptera spp.</i> , <i>Melittia cucurbitae</i> , <i>Trichoplusia ni</i> , <i>Manduca sexta</i>	Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
		<i>Beauveria bassiana</i> ATCC 74040	Naturalis L
		Carbarilo	Carbaryl 85 WP, Rukarb 85 WP
		Espinosad	Entrust
		Gamma - Cihalotrina	Bull, Zoro
		Lambda-Cihalotrina	Invicto 50 CS, Karate con tecnología zeon, Karate con tecnología zeon 050 CS, Ninja 050 CS
		Tiametoxam/Lambda-Cihalotrina	Engeo 247 ZC, Orbita SC
Gusano alambre	<i>Conoderus spp</i> , <i>Gammophorus spp.</i> , <i>Agriotes spp.</i>	Dazomet	Basamid granulado
		Teflutrina	Force 20 CS
		Tiametoxam	Cruiser70 WS
Gusano blanco	<i>Hylamorpha elegans</i> , <i>Phytoloema spp</i> , <i>Lygyarus spp.</i>	Dazomet	Basamid granulado
		Teflutrina	Force 20 CS
Gusano cortador	<i>Agrotis spp</i> , <i>Spodoptera spp</i> , <i>Heliothis virescens</i> , <i>H. gelotopeon</i> , <i>Feltia spp.</i> , <i>Copitarsia spp.</i>	Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
		Carbarilo	Carbaryl 85 WP
		Dazomet	Basamid granulado
		Lambda-Cihalotrina	Karate con tecnología zeon
		Metam-sodio	Nemasol

Larvas minahojas	<i>Liriomyza huidobrensis</i> , <i>Liriomyza sativa</i> , <i>Agromyza spp</i>	Abamectina	Agriemek, Fast 1.8 EC, Fast Plus, Vertimec 018 EC
		Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
		Carbarilo	Carbaryl 85 WP
		Ciromazina	Ciromas 75 WP, Trigard 75 WP
		Dimetoato	Dimetoato 40 EC, Perfekthion
		Gamma - Cihalotrina	Bull, Zoro
		Lambda-Cihalotrina	Invicto 50 CS, Karate con tecnología zeon 050 CS, Karate con tecnología zeon, Ninja 050 CS
Mosca de la semilla (larva)	<i>Delia platura</i> , <i>Hylemia cilicrura</i> , <i>Acyrtosiphon pisum</i> , <i>Phorbia platura</i>	Teflutrina	Force 20 CS
		Tiametoxam	Cruiser70 WS, Cruiser 350 FS, Cruiser 600 FS Semillero
Polilla	<i>Epinotia aporema</i>	Bifentrina	Talstar 10 EC
		Gamma - Cihalotrina	Bull, Zoro
		Tiametoxam/Lambda-cihalotrina	Engeo 247 ZC
Pulgonos	<i>Aulacorthum solani</i> , <i>Macrosiphum solanifolii</i> , <i>Myzus persicae</i> , <i>Aphis fabae</i> , <i>A. craccivora</i> , <i>A. gossypii</i> , <i>Acyrtosiphon spp.</i> , <i>Acyrtosiphon pisum</i>	Acetamiprid / Lambda-Cihalotrina	Gladiador 450 WP
		Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
		<i>Beauveria bassiana</i> ATCC 74040	Naturalis L
		Dimetoato	Dimetoato 40 EC, Perfekthion
		Gamma - Cihalotrina	Bull, Zoro
		Imidacloprid	Absoluto 35 SC, Couraze 200 SL, Imidacloprid200 SL
		Imidacloprid / Deltametrina	Muralla Delta 190 OD
		Lambda-Cihalotrina	Invicto 50 CS, Karate con tecnología zeon 050 CS, Karate con tecnología zeon, Knockout, Ninja 050 CS, Zero 5 EC
		Pirimicarb	Paton 50 WP
		Tiametoxam	Actara 25 WG, Cruiser70 WS, Cruiser 350 FS
Tiametoxam/Lambda-Cihalotrina	Engeo 247 ZC, Orbita SC		

Trips	<i>Frankliniella occidentalis</i> , <i>Frankliniella cestrum</i> , <i>Thrips tabaci</i>	Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC, Mageos
		<i>Beauveria bassiana</i> ATCC 74040	Naturalis L
		Dimetoato	Dimetoato 40 EC, Perfekthion
		Espinosad	Entrust
		Lambda-Cihalotrina	Invicto 50 CS, Karate con tecnología zeon 050 CS, Karate con tecnología zeon, Knockout, Ninja 050 CS, Zero 5 EC
		Tiametoxam	Cruiser70 WS, Cruiser 350 FS

Manejo de malezas

La arveja, como todo cultivo, tiene un periodo desde siembra que debe estar libre de malezas, porque no compite en esos estados fenológicos. Díaz y Peñaloza (1995) encontraron que este periodo dura hasta los 49 días de siembra hasta los cuatro nudos a inicio de floración, para arveja sembrada en La Araucanía. Para mantener este cultivo libre de malezas durante este periodo, se debe realizar un control cultural, iniciando con la rotación de cultivos. Esta debe ser con especies de otras familias botánicas, o con cultivos escardados, de manera que el manejo de malezas difiera y disminuya las poblaciones de las especies que crecen junto con la arveja. La preparación de suelos es necesario hacerla temprano, de manera que las semillas de malezas germinen y sean eliminadas mecánicamente. La siembra temprana es una buena alternativa de escape, porque el cultivo se desarrolla durante el invierno cuando la presencia de malezas es menor. La mayor presencia de malezas se inicia a fines de invierno e inicios de primavera, que es cuando se debe tener el mayor cuidado. El riego debería ser presurizado, de manera de evitar la diseminación de semillas a través del agua. Si crecen mucho las malezas, se deben cortar o controlar antes de floración, evitando la diseminación de semillas al potrero.

El control integrado es ideal para este cultivo, donde se mezclen un control cultural, mecánico y químico preventivo. El control químico debe ser realizado con herbicidas autorizados por el SAG en su lista que se renueva cada cierta cantidad de meses. En el cuadro 9 se presentan los ingredientes activos y productos comerciales recomendados para el cultivo de arveja, autorizados por el SAG al 10 de octubre de 2022.

Cuadro 9. Listado de ingredientes activos y productos comerciales, más modo de acción de herbicidas autorizados por el SAG al 10 de octubre 2022

Ingrediente activo	Nombre comercial	Modo de acción	Acción ^I	Tipo ^{II}
Aclonifeno	Prodigio 600 SC	Pre emergencia	HA	C-Sel
Bentazona-sodio	Basagran, Bentaclan 48 SL, Bentax 48 SL	Post emergencia	HA	C-Sel
Fluazifop-P-butilo	Hache Uno 2000 175 EC	Post emergencia	GR	S-Sel
Glifosato-isopropilamonio	Glifoglex 480 SL, Rango 480 SL	Pre Siembra	T	S
Glifosato-monoamonio	Rango 75 WG, Rangoclan 75 WG	Pre Siembra	T	S
Haloxyfop-R-Metil	Galant Plus R	Post emergencia	GR	S-Sel
Imazamox	Sweeper700 DG	Post emergencia	HA-GR*	S-Sel
Linuron	Afalon 50 SC, Afalon 50% WP, Linurex 50 WP, Linurex 50 SC, Linurón 500 SC Solchem, Lorox WP, Tiburón 500 SC	Pre emergencia	HA-GR	S-Sel
Oxifluorfenó	Galigan 240 EC, Oxus	Pre emergencia	HA-GR	C-Res
Pendimetalina	Drakkar, Herbadox 45 CS, Oriol 400 EC, Pendiclan 33 EC, Spectro 33 EC, Spectro 40 EC, Terweed	Pre emergencia	HA-GR	S-Res-Sel
Propaquiafop	Agil 100 EC	Post emergencia	GR	S-Sel
Propisocloro	Portento 720 EC, Proponit 720 EC	Pre emergencia	HA-GR	S-Res
Propizamida	Kerb 50 W	Pre y post emergencia	HA-GR	S-Sel
Quizalofop - etilo	Flecha 9.6 EC	Post emergencia	GR	S-Sel

Ingrediente activo	Nombre comercial	Modo de acción	Acción ^I	Tipo ^{II}
Quizalofop-P-etilo	Assure Pro	Post emergencia	GR	S-Sel
Quizalofop-P-tefurilo	Sector-T	Post emergencia	GR	S-Sel
Tepaloxidima	Aramo	Post emergencia	GR	S-Sel
Trifluralina	Treflan, Triflurex 48 EC	Pre-siembra incorp.	HA-GR	S-Res

^IHA=Hoja Ancha; GR=Gramíneas; T=Todo.

^{II}C=Contacto; S=Sistémico; Sel=Selectivo; Res=Residual.

Índice de cosecha

El índice de cosecha representa el momento fenológico en el cual las vainas están listas para ser cosechadas en verde. Este momento es cuando la vaina está granada y el 60 a 70 % de las plantas alcanzan este estado (Figura 5).



Figura 5. Vaina verde granada de la planta de arveja lista para cosecha

Poscosecha

Una vez cosechado el producto comercial, en este caso vainas frescas, estas siguen respirando y deshidratándose. Por esta razón, es muy necesario proteger el producto de alguna manera, evitando el impacto directo de la luz solar y temperatura alta. En una evaluación realizada en el Programa GORE Hortalizas de INIA Carillanca, durante dos años de cosecha de arvejas, se dejó una muestra de 1 kg en bandeja cosechera a pleno

sol y otra bajo malla raschel, siendo evaluada en peso a las dos y cuatro horas después, respectivamente. Los resultados generales se presentan en el cuadro 10, donde se observan diferencias importantes en magnitud entre los tratamientos evaluados.

Cuadro 10. Pérdida de peso (%) de dos variedades de arveja verde dispuesta a pleno sol y bajo malla raschel, en dos localidades

Localidad	Tiempo	Perfect Freezer 400 (% pérdida en peso)		Utrillo (% pérdida en peso)	
		Luz	Sombra	Luz	Sombra
INIA Carillanca	2 horas	5,8	2,3	8,5	3,0
INIA Carillanca	4 horas	16,0	5,8	15,1	6,6
Maquehue	2 horas	6,5	2,0	7,0	4,0
Maquehue	4 horas	18,0	5,5	19,0	7,0

En INIA Carillanca (valle central), un 10,2 % para Perfect Freezer 400 y 6,6 % para Utrillo se pudo observar como diferencia en pérdida de peso de vainas entre 2 y 4 horas expuestas al sol, mientras que a la sombra la pérdida fue de 3,5% y 3,6%, respectivamente. En el caso de Maquehue, hubo una diferencia incremental de pérdida de peso cercana a 11,5 % a las 4 horas de exposición para Perfect Freezer 400 a la luz directa, mientras que en Utrillo fue de 12,0%. Sin embargo, a la sombra fue de 3,0 y 3,5 %, respectivamente.

Entonces, al tomar la diferencia máxima de 12 % como base, si se obtiene un rendimiento de 10 t/ha, la pérdida es de 1,2 t de producción solo por deshidratación. Al asumir un precio de mercado de \$940 por kilo, esto significa una merma de \$1.128.000 al ingreso por venta. Al repetir este mismo ejercicio con la mayor pérdida de peso a la sombra, que fue 3,6 %, la merma en peso es de 0,36 t/ha y en ingreso menor de \$338.400, o sea, una diferencia de \$789.600 entre acopiar a pleno sol versus proteger con sombra.

Productividad

La época de cosecha es muy importante para la productividad y comercialización de productos. En arveja se puede calcular los grados días acumulados (GDA) desde siembra a cosecha, que corresponde a la acumulación térmica en un periodo de tiempo determinado, o sea la sumatoria del promedio diario entre temperatura máxima y mínima restando la temperatura base, que es la temperatura donde el cultivo no crece, en este caso es de 5 grados. La arveja para cosecha en verde requiere 285 a 300 grados-días, de acuerdo a los análisis realizados durante el desarrollo del Programa GORE Hortalizas. Así, una extrapolación de estimación de época de cosecha inicial y final fue realizada de acuerdo con esta información por territorio (Cuadro 11), donde se observa la fecha de inicio de siembra y fecha máxima de término con sus respectivas estimaciones de época de cosecha.

Cuadro 11. Épocas de cosecha de arveja verde según fecha de siembra y grados días acumulados para siete territorios de la Región de La Araucanía

Territorio	Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha
Secano Interior: Cholchol	1 junio	2ª semana diciembre	30 agosto	Fines de diciembre
Valle Central: Temuco	1 junio	2ª semana diciembre	30 septiembre	Fines de diciembre
Valle Central: Maquehue	1 junio	2ª semana diciembre	30 septiembre	Fines de diciembre
Cautín Sur: Freire	1 julio	Fines de diciembre	30 septiembre	Fines de diciembre
Precordillera: Vilcún	1 julio	Fines de diciembre	30 septiembre	2ª semana enero
Malleco Sur: Angol/Renaico	1 junio	2ª semana noviembre	30 agosto	2ª semana diciembre
Secano Costero: Tranapuente	1 junio	Fines de diciembre	30 agosto	1ª semana enero

Rendimiento

En la temporada 2020/2021, se realizaron dos evaluaciones de rendimiento y calidad industrial, bajo el Programa GORE Hortalizas, en INIA Carillanca y en Maquehue, con tres variedades comerciales: Utrillo, Perfect Freezer 400 de origen nacional y Perfect Freezer 400 neozelandesa. Los resultados mostraron que Utrillo y Perfect Freezer 400 nacional tuvieron rendimientos similares de 13,6 t/ha, mientras que Perfect Freezer 400 neozelandesa rindió 21,6 t/ha. El rendimiento promedio de ambas localidades con estas variedades fue de 16,3 t/ha, bastante por encima del rendimiento promedio nacional que está entre 9 y 10 t/ha. En conclusión, al observar estos rendimientos, el potencial existente en la producción de arveja fresca es promisorio en la región, por lo tanto, es necesario introducir más variedades con alto potencial productivo, de manera de atraer la agroindustria e incrementar la superficie sembrada.

Rendimiento industrial

El rendimiento industrial se refiere al producto fresco que puede obtener la agroindustria, después de separar los desechos. En las mediciones realizadas por INIA en el Programa GORE Hortalizas, en el promedio general hubo entre 51 y 52 % de pérdida por desecho (capis de las

vainas). Por lo tanto, al utilizar el promedio de rendimiento de 16,3 t/ha, solamente 7,8 t/ha fueron de grano fresco industrial. Si esta información se considera por variedad, Perfect Freezer 400 (NZ) mostró un resultado de 59 % de grano industrial con un rendimiento de 12,7 t/ha, mientras que Perfect Freezer 400 nacional rindió un 48 % de grano industrial con 6,6 t/ha, y Utrillo solo tuvo 40 % de grano con 5,5 t/ha. Estos resultados muestran que hay variedades más aptas para la agroindustria y que el rendimiento en grano no es mayor al 59 % del peso de vainas a cosecha, siendo el promedio 52 %.

Valor nutricional y nutracéutico

La arveja pertenece al grupo de los carbohidratos almidonados, debido a que es el nutriente que más posee. Además, contiene fibra, proteínas, vitaminas, minerales y son muy bajas o pobres en grasas. Como todas las legumbres, tiene más proteínas que los cereales, pero no son de alto valor biológico, ya que les faltan ciertos aminoácidos para ser una proteína completa. Por esta razón, es importante complementarla con cereales, carnes, huevos u otro.

En 100 g de arveja verde hay 3,2 g de proteína, 9 g de azúcares y 0,8 g de fibra. En el cuadro 12 se presenta el contenido medio de vitaminas y de minerales (Li, 2008).

Cuadro 12. Contenido de vitaminas y minerales en 100 g de arveja verde

Vitaminas (mg)	
B1	0,1
B2	0,1
B6	0,03
C	13,0
Minerales (mg)	
Na	8,0
K	20
Ca	41
Mg	23
P	45
Fe	0,6
Zn	1,0

La arveja contiene vitaminas B y C, lecitina, colesisterina, betaína, trigonelina, colina, adenina, lisina, erepsina, leucina, arginina, triptófano, fitina, vernina, asparagina, glutamina, alantoinasa, urea, pepsina, tripsina, amilasa, maltasa, catalasa, lipasa, nucleasa, fitaglutinina, ácido abscísico y giberelina A (Chiu y Chang, 1995). Es una de las mejores fuentes de colina, que puede prevenir el cáncer de hígado (Duke, 2001), en la literatura dice 2001. La semilla es anticonceptiva, ecbólica, fungistática y espermicida. Además, ésta se prescribe para la diabetes, fiebre, flujo, falta de lactancia, náuseas y problemas urinarios. También, el aceite de arveja se ha informado que, administrado una vez al mes a las mujeres, prometía prevenir el embarazo al interferir con el funcionamiento de la progesterona. El fármaco moxidolohidroquinona redujo los espermatozoides en los machos en casi 50 %, con el recuento volviendo a la normalidad en unos cuatro días. Los resultados experimentales sugieren un efecto hipoglicemiante. Las arvejas verdes frescas contienen fibra cruda, cenizas, calcio, fosfato, hierro, potasio y equivalente de betacaroteno, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico (Duke y Ayensu 1985). La arveja se considera refrescante y se recomienda para condiciones febriles, para aumentar la musculatura y para tratar la diabetes (Perry 1980).

Referencias

- Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712>
- Ambrose, M. 2008. Garden pea. En: Prohens, J. y Nuez, F. (Eds). 2008. Vegetables II: *Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. Springer New York. 3–26. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-0-387-74110-9>
- Chiu, N., and Chang, K. 1995. The illustrated medicinal plants in Taiwan. Vol. 1. Taipei, Taiwan: SMC Publ. En: Li, T. 2008. Vegetables and fruits. Nutritional and therapeutic values. CRC Press. Boca Raton, Fl. 271 pp. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420068733>
- Ciampitti, I. y García, F. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundario. II Hortalizas, frutales y forrajeras. Archivo Agronómico N° 12. En: Informaciones Agronómicas N° 33. 4pp.
- Cubero, J. I. 2017. Leguminosas hortícolas: guisantes, judías y habas hortícolas. En: Maroto, J. V. y Baixauli, C. (Eds.). 2017. Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural, Almería, España. Serie Agricultura 13. 703-741.
- Díaz, J. y Peñaloza, E. 1995. Periodo crítico de interferencia de malezas en arveja (*Pisum sativum* L.) cv. Progreta y lenteja (*Lens culinaris* L.) cv. Araucana INIA. Agricultura Técnica (Chile). 55(2): 176-182.
- Dimitri, M.J. 1978. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardinería. Tomo I. Descripción de las plantas cultivadas. Primer volumen. 3ª edición. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires, Argentina, 1-656.

Duke, J.A. 2001. Handbook of phytochemical constituents of GRAS herbs and other economic plants. Boca Raton, FL: CRC Press. En: Li, T. 2008. Vegetables and fruits. Nutritional and therapeutic values. CRC Press. Boca Raton, Fl. 271 pp. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420068733>

Duke, J. A., y Ayensu, E.S. 1985. Medicinal plants of China. 2 vols. Algonac, MI: Reference Publications. En: Li, T. 2008. Vegetables and fruits. Nutritional and therapeutic values. CRC Press. Boca Raton, Fl. 271 pp. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420068733>

EOS Data Analytic. 2022. Fijación biológica de nitrógeno. Plantas y bacterias. En: <https://eos.com/es/blog/fijacion-biologica-de-nitrogeno/>

Faiguenbaum, H. 1993. Cultivo de arveja. En: Faiguenbaum, H. (Ed.). Curso: Producción de leguminosas hortícolas y maíz dulce. P. U. Católica de Chile, Facultad de Agronomía, Depto. de Ciencias Vegetales, Santiago, Chile, 1-23.

Kehr, E. y Bastías, M. 2016. Arveja verde. En: Kehr, E. y Leal, Y. (eds.) (2016) Fichas Técnicas: Rubros agropecuarios de interés para sistemas productivos de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°330. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6557> (Consultado: 18 octubre 2022). 15-18.

Li, T. 2008. Vegetables and fruits. Nutritional and therapeutic values. CRC Press. Boca Raton, Fl. 271 pp. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420068733>

ODEPA. 2022. Estadísticas productivas. En: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>.

Perry, L. M. 1980. Medicinal plants of east and southeast Asia. Cambridge, MA: MIT Press. En: Li, T. 2008. Vegetables and fruits. Nutritional and therapeutic values. CRC Press. Boca Raton, Fl. 271 pp. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420068733>

Zohary, D. y Hopf, M. 1973. Domestication of pulses in the old world. Science, 182 (4115): 887-894. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.182.4115.88>

Betarraga

Beta vulgaris L. var. crassa (Alef.) J. Helm

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



Centro de origen y características botánicas

La betarraga, al igual que la acelga, espinaca y remolacha azucarera, pertenece a la familia Chenopodiaceae. Esta familia también contiene a la maleza llamada Quingúilla (*Chenopodium álbum*), muy difícil de controlar en estos cultivos (Goldman y Navazio, 2008).

La betarraga se ha cultivado y mejorado genéticamente durante milenios, pero solo en los últimos cuatro o cinco siglos la raíz de forma hinchada que conocemos hoy ha estado utilizable. Esta especie es, irónicamente, uno de los progenitores de la remolacha azucarera y, por lo tanto, ocupa un lugar único en la domesticación de un importante cultivo industrial. El origen de la betarraga se encuentra relacionado con la especie *Beta marítima*, acelga marina o acelga bravía, originaria del norte de África, que ya se cultivaba hace 4.000 años. De esta especie primitiva se desarrollarían, posteriormente, la acelga, con abundante follaje, y la betarraga, de raíz carnosa y esférica. Los pobladores de la costa mediterránea consumían las hojas de ambas especies, mientras que la raíz de la betarraga era utilizada como remedio medicinal o fármaco, en forma de unguento contra los dolores de muelas y cabeza. Aunque fue consumida por los romanos durante su dominio en Europa, sería en el siglo XV cuando se introduciría en la dieta de países como Francia y España, aunque como antaño, tan sólo se comerían sus hojas. Ya en el siglo XVI se popularizaría el consumo de la raíz de la betarraga en los países citados, además de introducirse en Alemania e Inglaterra. Durante este período de transición, entre las zonas mediterráneas y el norte de Europa, o tal vez como resultado de la introducción de este cultivo de hojas con la migración humana al norte de Europa, la selección de formas con raíces hinchadas resultó en las raíces que hoy conocemos (Ford-Lloyd, 1995). En el siglo XVII, la betarraga se cultivaba en Europa y se extendió a muchas otras regiones del mundo. Las primeras formas de raíces utilizadas desde este período son: (1) raíces redondas y en forma de globo, que son el tipo más común; (2) globo aplanado o tipos egipcios; y (3) tipos cilíndricos, que tienen un valor específico en el mercado de procesamiento (Goldman y Navazio, 2008).

Las plantas son herbáceas bianuales, la polinización es alógama y generalmente anemófila. Durante el primer año forma una roseta de hojas de limbo entero o lobulado, con superficie lisa o rugosa y de pecíolos largos suculentos (Figura 1a). Paralelamente, hipertrofia la parte superior de su raíz, formando un tubérculo hipocotíleo, de forma alargada, redondeada o aplastada, y de color rojizo a amarillento. Es carnoso y acuoso en su estado comestible. Si se corta el tubérculo transversalmente se pueden observar capas concéntricas (Figura 1b). El segundo año emite el tallo floral que acaba en una inflorescencia compleja, larga y laxa. Forma glomérulos que contienen de dos a tres semillas. En un gramo se contabilizan 60-70 semillas. Tienen una capacidad germinativa de 4- 6 años. (Goldman y Navazio, 2008).

En la betarraga, generalmente se observan tres fases de crecimiento:

- Juvenil
- Adolescencia
- Maduración y reproducción sexual (2º año de cultivo)



a) Hojas



b) Raíz

Figura 1. Morfología de hoja y raíz de betarraga

Al someter las plantas a temperaturas de 4-10 °C durante 15 a 30 días se logra una floración prematura, por lo que pierden el interés comercial. Cuando está en fase cotiledonal es muy poco resistente al frío. Tratar las plantas con fotoperíodos cortos después de la etapa de vernalización puede evitar la floración prematura. De todos modos, existen variedades más resistentes a la emisión de flor prematura. En variedades sembradas en los meses de verano se pueden dar zonas con contraste de color entre las capas concéntricas de las raíces, perdiendo su valor comercial (Figura 2) (Goldman y Navazio, 2008).



Figura 2. Raíz de betarraga con contraste de color (arriba) y normal (abajo)

Estadísticas productivas regionales

La betarraga, según la superficie utilizada, ocupa el lugar 19 entre las hortalizas cultivadas en Chile. Durante 14 años se sembraron 1.420 hectáreas en promedio, con una fluctuación de más o menos 194 hectáreas, representando el 1,9 % de la superficie total nacional de hortalizas.

La última temporada registrada por ODEPA (2022) indicó que el total sembrado de betarraga en la temporada 2020/2021 fue de 1.769 hectáreas, como se presenta en el cuadro 1. La mayor producción se concentra en las regiones Metropolitana y Valparaíso con 67 % del total, mientras que La Araucanía se ubica en el quinto lugar con 5,5 % en superficie detrás de Coquimbo y Maule.

Cuadro 1. Superficie sembrada con betarraga y su distribución regional. Temporada 2020/2021 (ODEPA, 2022)

Regiones	Hectáreas	Porcentaje (%)
Arica y Parinacota	44,0	2,5
Atacama	15,6	0,9
Coquimbo	137,0	7,7
Valparaíso	191,8	10,8
Metropolitana	999,4	56,5
O'Higgins	36,9	2,1
Maule	161,5	9,1
Ñuble	12,6	0,7
Biobío	28,6	1,6
La Araucanía	96,9	5,5
Resto del país	45,1	2,5
Total	1.769,4	

Entre 2013 y 2021, la superficie de betarraga en la Región de La Araucanía presentó una tendencia al alza (Figura 3). El valor más bajo se registró en el año 2013 con 42,9 hectáreas, mientras que el mayor fue el año 2021 con 96,9 hectáreas. El promedio de estos nueve años ha sido de 80,6 hectáreas, con una fluctuación cercana a 15,5 hectáreas. Este cultivo ha ido tomando mayor importancia en la región, dada la calidad del producto obtenido que podría ser de interés para la industria de tinturas.

Las betarragas producidas en la Región de La Araucanía son comercializadas en muchos mercados del país. Al hacer un análisis de los últimos tres años de volumen y precio,

basado en datos de ODEPA, estos indican una cantidad de aproximadamente 1,1 millones de unidades comercializadas anualmente provienen de la región. La comercialización se realiza en mallas de 15 kilos y/o paquetes de cinco unidades. El mayor volumen de venta es durante los meses de mayo a junio, mientras que el mejor precio se obtiene entre enero y marzo. Al tomar los precios reales de los tres años y promediarlos, da como resultado \$122 por unidad comercializada.

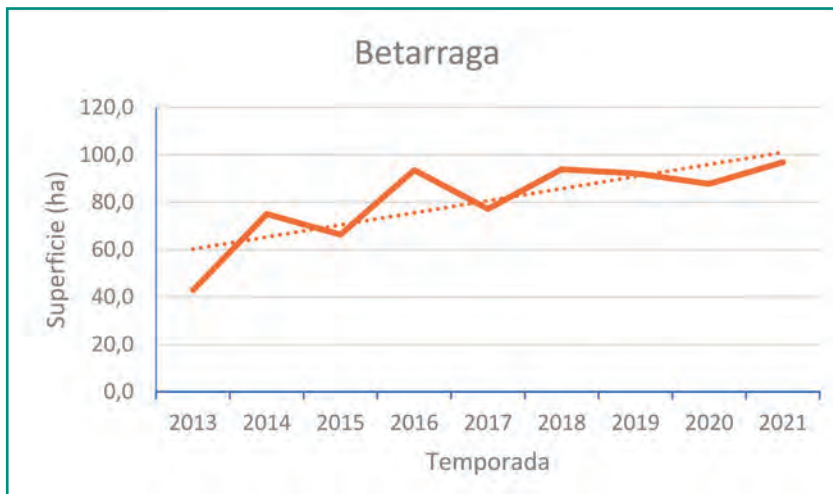


Figura 3. Fluctuación de superficie sembrada con betarraga y tendencia en la Región de La Araucanía (ODEPA, 2022)

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y ciclo de desarrollo

El cultivo prefiere climas suaves y húmedos, aunque se adapta bien a otras condiciones. La mejor calidad la alcanza cuando su cultivo se realiza en períodos fríos, donde la temperatura óptima de germinación se sitúa alrededor de 15 °C, tardando unos 15 días en brotar. Como la mayoría de los cultivos que se aprovechan por su raíz, prefiere suelos de consistencia media, que no sean húmedos. En suelos de tipo arenoso se obtiene mayor precocidad; en los pesados se producen deformaciones de las raíces, siendo en éstos las labores de cultivo más costosas. El pH más favorable es el comprendido entre 7,0 y 7,5. Es una planta altamente resistente a la salinidad (Goldman y Navazio, 2008).

En la Región de La Araucanía, la época de siembra de este cultivo varía de acuerdo al agroclima o territorio donde se va a realizar el cultivo (Cuadro 2). Este cultivo presenta un ciclo entre 90 a 120 días desde siembra a cosecha, dependiendo de la variedad y de las condiciones meteorológicas del territorio. Siembras a inicios de primavera demoran menos en alcanzar madurez de cosecha.

Por ser un cultivo de raíz, este se puede conservar un período de tiempo en el suelo antes de ser cosechado, aunque ya tenga la madurez necesaria, ya que se corre el riesgo que la raíz se ponga muy fibrosa y poco palatable.

Cuadro 2. Épocas de siembra de betarraga según zona agroecológica (Kehr y Bastías, 2016)

Zonas agroecológicas	Inicio	Fin
Secano interior	01 septiembre	30 noviembre
Secano costero	01 octubre	30 noviembre
Valle central	01 octubre	30 enero
Precordillera	01 octubre	30 diciembre

Es una planta bianual, con un ciclo de vida de dos años. El primer año acumula reservas en la parte superior de la raíz formando el tubérculo. El segundo año emite un tallo que da lugar a la floración. En la figura 4 se muestran las etapas de crecimiento de la betarraga desde siembra de semilla a senescencia en primer año de cultivo.



Figura 4. Ciclo de crecimiento y desarrollo de la betarraga (Fuente: adaptado de Dreamstime, 2022)

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

Esta hortaliza es de siembra directa en surcos espaciados entre 0,70-0,75 m o en mesas de 1,2 m de ancho con seis hileras por mesa. En siembra mecanizada se realiza a chorro continuo, o con sembradora de discos (5 cm sobre hilera), o manual. Se usan

aproximadamente 7 a 9 kg de semilla por hectárea, 1.000 semillas pesan alrededor de 17 a 18 g, dando una población de aproximadamente 400 a 500 mil plantas, dependiendo del tipo de semilla (monogérmica o poligérmica) (Saavedra y otros, 2022).

Necesidades hídricas

El cultivo tiene varios períodos críticos al déficit hídrico. El primero es el momento de la germinación y emergencia de las plantas, donde la cama de semilla debe tener la suficiente humedad para los dos procesos. Mientras que el segundo, corresponde al período de máxima demanda hídrica cuando el cultivo tiene la máxima cobertura foliar y se produce la traslocación de azúcares a las raíces.

En Australia, la demanda hídrica del cultivo de remolacha es de 2.500 a 3.500 m³/ha por temporada con un requerimiento total de riego de aproximadamente 2.200 a 3.000 m³/ha, lo que indica ineficiencias y pérdidas por drenaje. Esto produciría un rendimiento de cultivo cercano a 16 - 24 t/ha para remolachas pequeñas y 30-40 t/ha para remolacha industrial (Water for profit, 2022). La demanda bruta de agua para la Región de La Araucanía muestra en promedio 350±45 mm/ha (Cuadro 3). La metodología utilizada para el cálculo se indica en el Anexo 1.

Cuadro 3. Demanda bruta de agua por el cultivo de betarraga por zona agroecológica en la Región de La Araucanía

Zonas agroecológicas	Mes de inicio de siembra	Demanda bruta (mm/ha)
Secano interior	Septiembre	317
Secano costero	Septiembre	281
	Octubre	312
	Noviembre	352
Valle Central	Octubre	319
	Noviembre	357
	Diciembre	400
	Enero	328
Precordillera	Octubre	345
	Noviembre	383
	Diciembre	436

Necesidades nutricionales

La betarraga extrae 1,6 kg de nitrógeno; 1,0 kg de P_2O_5 , 3,5 kg de K_2O y 0,08 kg de boro por tonelada producida en una hectárea. El fósforo, potasio y boro se deben aplicar antes de siembra incorporando con el último rastraje o localizado al surco. El nitrógeno se debe aplicar parcializado, la mitad de la dosis se realiza posterior al control de maleza, con malezas de dos a tres hojas verdaderas, y la otra mitad a los 15 días después de esta aplicación. Además, la betarraga extrae 6,0 kg de nitrógeno por tonelada producida como absorción total (Cuadro 4).

Cuadro 4. Absorción total de nutrientes y extracción de cosecha (raíces) expresada en kilos por tonelada producida de betarraga (Ciampitti y García, 2007)

Nutrientes	Absorción total (kg/t)	Extracción de cosecha (kg/t)
Nitrógeno (N)	6,0	3,5
Fósforo (P)	0,7	0,4
Potasio (K)	8,5	3,5
Calcio (Ca)	1,9	-
Magnesio (Mg)	1,2	0,6

Manejo de enfermedades

Existen muchas enfermedades que afectan a la betarraga, pero solo algunas tienen importancia en La Araucanía. Así, el tizón, roya y mildiu son las más comunes, enfermedades que se pueden controlar haciendo rotaciones de cultivo con especies no familiares de la betarraga. Es decir, no después de acelga o espinaca, menos si hubo remolacha azucarera anteriormente. En el cuadro 5 se muestra una lista de enfermedades y sus síntomas para betarraga, las que están reconocidas en el país.

Cuadro 5. Listado de enfermedades reconocidas por el SAG en Chile para el cultivo de la betarraga (Acuña, 2008)

Fitopatógenos	Síntomas
<i>Alternaria brassicae</i> , <i>A. brassicicola</i> alternariosis	Manchas foliares con necrosis café de los tejidos, a veces concéntricas o anilladas
<i>Cercospora beticola</i> viruela o cercosporiosis	Manchas café, necróticas, 2-3 mm diámetro, con borde púrpura a café oscuro y centro café claro, en hojas y pecíolos, con perforación de los tejidos del centro de las manchas
<i>Cylindrocarpon destructans</i> (sin. <i>C. radicola</i>)	Amarillez foliar y desecación de la planta, asociada a pudrición radicular
<i>Erysiphe betae</i> (anam. <i>Oidium</i> sp.) oídio	Hojas con presencia de micelio de color blanquecino y aspecto pulverulento. Necrosis foliar y defoliación
<i>Fusarium solani</i> , <i>F. oxysporum</i> , <i>Fusarium moniliforme</i> fusariosis	Amarillez, marchitez y necrosis foliar. Pudrición seca y necrosis de la raíz, con decoloración del sistema vascular
<i>Macrophomina phaseolina</i> (anam. <i>Sclerotium bataticola</i>) tizón ceniciento del tallo	Plantas con amarillez y desecación foliar. Pudrición de la base del tallo, con coloración gris y presencia de microesclerocios negros
<i>Peronospora schachtii</i> (sin. <i>P. farinosa</i>) mildiú	Manchas foliares amarillas o verde pálido, con desarrollo de micelio y esporas blanco grisáceos en el envés
<i>Phoma betae</i> , <i>Pythium ultimum</i> <i>Rhizoctonia</i> sp. pudrición de la corona, caída	Ennegrecimiento del cuello, pudrición radicular de consistencia seca. Caída de almácigos.

Fitopatógenos	Síntomas
<i>Polymyxa betae</i>	Parásito obligado de raicillas, sin síntomas específicos. Vector de virosis (BYNVV de la remolacha)
<i>Ramularia beticola</i> ramulariosis	Manchas foliares circulares de 5 - 10 mm de diámetro, color blanco grisáceo a café claro y con borde café o púrpura
<i>Rhizoctonia solani</i> rizoconiosis	Plantas con amarillez y necrosis foliar. Raíces con lesiones como canchros y grietas
<i>Sclerotinia</i> sp. esclerotiniosis	Amarillez y necrosis foliar asociada a pudrición acuosa de la base de tallos, con micelio blanco algodonoso y esclerocios negros e irregulares
<i>Septoria betae</i> septoriosis	Manchas necróticas en hojas, de color café claro y con pequeños cuerpos negros en el centro (picnidios)
<i>Streptomyces</i> sp. sarna	Raíz comestible con lesiones sarnosas, de color café claro, de 5 mm o más de diámetro, superficiales y con aspecto corchoso y/o reticulado
<i>Uromyces betae</i> (sin. <i>U. beticola</i>) roya	Pústulas o uredosoros de color café rojizo en el envés y haz de las hojas y en pecíolos.
<i>Verticillium</i> sp. verticilosis	Plantas con amarillez, marchitez y defoliación, asociadas a pudrición de raíces, a veces con decoloración del tejido vascular de base del tallo y raíces
Alfalfa mosaic virus (AfMV) Virus del mosaico de la alfalfa Beet mosaic virus (BtMV) Virus del mosaico de la remolacha Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) Rizomania	Manchado clorótico o clorosis intervenal en hojas viejas y semimaduras. Hojas más coriáceas, brillantes, quebradizas. Mosaico o moteado clorótico en hojas nuevas. Plantas con detención del crecimiento, amarillamiento pálido y marchitez. Hojas con venas necróticas amarillas

Las alternativas de control químico (preventivo o curativo), son bastante escasas para este cultivo. Los productos autorizados por el SAG se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Ingredientes activos y productos comerciales para control de enfermedades en betarraga (SAG, 2022)

Enfermedad	Agente	Ingrediente activo	Producto comercial
Caída de plantas	Complejo de hongos	Folpet	Folpan 50 WP
		Captan	Captan Gold 80 WG
Cercospora	<i>Cercospora beticola</i>	Azoxistrobina / Difenoconazol	Amistar Top
Oidio	<i>Erysiphe betae</i>	Aceite de Árbol de Té (<i>Melaleuca alternifolia</i>)	Timorex Gold
Roya	<i>Uromyces betae</i>	Azoxistrobina / Difenoconazol	Amistar Top

Manejo de plagas

En el cuadro 7 se muestran los ingredientes activos y su nombre comercial aprobados por el SAG al 11/10/2022, para su uso en betarraga, donde las principales plagas en la región son áfidos, minahojas y gusanos cortadores, aunque el langostino puede ser una plaga menor, pero trasmite virosis que dañan el rendimiento.

Cuadro 7. Ingredientes activos y productos comerciales aprobados para betarraga y su acción sobre plagas (SAG, 2022)

Ingrediente activo	Nombre comercial	Acción
Abamectina	Fast 1.8 EC, Vertimec 18 EC, Abamax 1.8 % EC	Ácaros, minahojas
Acetamiprid/Lambda Cihalotrina	Gladiador 450 WP, Kanda, Juno 45 % WP	Áfidos
<i>Besuveria bacciana</i> Cepa ATCC 74040	Naturalis L	Áfidos, trips, polillas
Carbarilo	Carbaryl 85 WP	Cuncunillas y gusanos cortadores, polillas, minahojas, trips, langostinos
Espirotetramato	Movento 100 SC	Áfidos
Fenoxicarb	Insegar 25 WG	Mosquita blanca

Fenperoximato	Acaban 050 SC	Ácaros
Gamma-cihalotrina	Zoro, Bull	Áfidos, langostinos, polillas
Imidacloprid/ Deltametrina	Muralla Delta 190 OD	Áfidos
Lambda-cihalotrina	Karate con tecnología Zeon, Karate con tecnología Zeon 050 CS, Knockout, Ninja, Invicto 50 SC, Lambda Cihalotrina 50 SC	Áfidos, minahojas, langostinos, trips, cuncunillas, polillas
Tiametoxam/Lambda-cihalotrina	Engeo 247 ZC, Orbita SC	Áfidos, langostinos, cuncunillas, polillas,

Manejo de malezas

El control de malezas debe comenzar con una anticipada y buena preparación de suelos, de manera de permitir que las malezas emerjan y puedan ser eliminadas con las labores siguientes, o con un barbecho químico Glifosato Monoamonio (Rango 75 WG, Rangoclan 75 WG). Posteriormente, un herbicida de pre siembra se puede aplicar incorporado como Cloridazona (Pyramin DF, Chloridazon 430, Cloridazon 43F), que puede ser repetido en aplicaciones de pre y post emergencia, alternando también con Metamitrona (Metamitron 70G, MM 70 WG, Goltix Compact 90 %WG, Thinnex 70 WG, Sizer 70 WG), o en post emergencia, solamente, con Fenmedifam/Desmedifam/Etofumesato (Betanal Expert, PDE Max, PDE EW), Betanal se aplica a partir de 1-2 hojas verdaderas de las malezas y se puede repetir la aplicación 10 días después. Para mejorar el control de malezas gramíneas, estas aplicaciones se pueden reforzar en post emergencia con graminicidas como Tepraloxidima (Aramo), Quizalofop-p-etilo (Assure Pro) o Quizalofop -p-tefurilo (Sector T). Todos los productos presentados están autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) para el cultivo de la betarraga al 11/10/2022 (www.sag.gob.cl) (Saavedra *et al.*, 2022).

Índice de cosecha

El índice de cosecha es el diámetro de las raíces, el que debe tener aproximadamente entre 7 y 10 cm, dependiendo de la variedad (Figura 5).



Figura 5. Tamaño de raíz de betarraga lista para cosechar

Poscosecha

Este cultivo presenta menores pérdidas de peso en poscosecha. Por ser una raíz, tiene una mejor protección del órgano de consumo. Evaluaciones realizadas por INIA Carillanca en el Programa GORE Hortalizas (Cuadro 8), el promedio de pérdida de peso a las dos horas al sol fue de 5,2 %, mientras que protegido solo fue 2,9 %, o sea una diferencia de 2,3 %. Pero a las cuatro horas de exposición después de cosechado, al sol tuvo 8,4 % de pérdida en peso y a la sombra 5,2 %, o sea 4,2 % de diferencia.

En cuanto a la expresión varietal, después de dos horas de exposición a pleno sol, en promedio la variedad Manzú F1 fue la que tuvo menor pérdida de peso con 3,7 %, mientras que la de mayor pérdida fue Detroit Darko con 6,8 %. A las dos horas, pero con sombra, Detroit Darko fue la de mejor comportamiento, ya que solo disminuyó 1,9 % de peso, pero la de mayor pérdida fue Prestige F1 con 4 %.

A las cuatro horas de exposición de las raíces a pleno sol, Detroit Darko fue la de mayor pérdida de peso, con un promedio de 10,4 %, mientras que Manzú F1 fue la de menor pérdida con solo 5,9 %. A la sombra, Prestige F1 fue la de mayor pérdida con 7,1 %, mientras que Boro F1 fue la de menor pérdida con 4 %. Probablemente, estas diferencias se deben al grosor y porosidad de la cubierta de la raíz, además de la retención de humedad interna al tener tejido más firmes.

Cuadro 8. Pérdida de peso en porcentaje después de dos y cuatro horas de exposición al sol o cubierto con malla raschel

		Freire		INIA Carillanca		Maquehue	
		2 horas	4 horas	2 horas	4 horas	2 horas	4 horas
Detroit Darko	Luz	5,0	6,4	2,5	5,3	13,0	19,6
	Sombra	2,3	2,3	1,4	2,4	2,1	7,6
Red Ace	Luz	4,9	7,7	5,0	10,6	5,8	3,8
	Sombra	1,6	3,2	3,3	6,3	3,8	5,7
Prestige F1	Luz	4,5	7,2	1,8	6,2	7,3	14,6
	Sombra	3,4	5,1	2,7	7,2	6,0	9,0
Boro F1	Luz	4,9	6,6	5,3	8,7	5,6	8,5
	Sombra	3,3	3,3	1,1	2,5	3,4	6,2
Manzú F1	Luz	3,4	5,9	3,7	8,4	4,0	3,3
	Sombra	3,0	4,0	2,3	3,9	3,3	7,0
Chata de Egipto	Luz	4,3	7,5	1,9	5,3	11,1	14,8
	Sombra	3,1	5,2	0,5	2,3	7,0	10,0

Productividad

La productividad de betarraga está dada por el peso individual de raíces y población a cosechar con calibres apropiados para su comercialización. El peso individual y la época de cosecha van muy ligados a la acumulación térmica del cultivo en el período desde siembra a cosecha. En La Araucanía la suma térmica promedio a cosecha es de 1.057 ± 216 grados-días de base 5, incluyendo a varios territorios donde se tuvieron unidades demostrativas del Programa GORE-INIA Hortalizas. Basado en esta información, una extrapolación de fecha estimada de cosecha se hizo para los territorios involucrados en el Programa (Cuadro 9).

Cuadro 9. Épocas de cosecha de betarraga según fecha de siembra y grados-días acumulados para cinco territorios de la Región de La Araucanía

Territorio	Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha
Secano interior: Chol Chol	Septiembre	1ª semana de marzo		
Valle central: Temuco	Octubre	2ª quincena de enero	Enero	1ª quincena de abril
Valle central: Maquehue	Octubre	2ª quincena de enero	Enero	1ª quincena de abril
Cautín sur: Freire	Octubre	Fines de enero	Diciembre	1ª quincena de marzo
Precordillera Vilcún	Octubre	Principios de febrero	Diciembre	1ª quincena de marzo
Malleco Sur: Renaico	Septiembre	1ra quincena de febrero	Noviembre	2ª quincena de enero

Rendimiento

El rendimiento esperado es de 28 a 30 t/ha, o bien 25 mil paquetes de 5 unidades amarradas de las ramas o sin ramas en bolsas de plástico para la Región de La Araucanía. En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca durante las temporadas 2019/2020 y 2020/2021 se obtuvo resultados potenciales en las zonas de Vilcún y Maquehue, con un promedio general entre 24 y 30 t/ha, respectivamente, estimando una población cosechada de 125.000 plantas/ha (Cuadro 10). En él la respuesta de las variedades a diferentes fechas de siembra pueden ser apreciadas para cada localidad, evaluadas en las unidades demostrativas del Programa INIA-GORE Hortalizas.

Cuadro 10. Rendimiento potencial de distintas variedades de betarraga en dos fechas de siembra en las localidades de Maquehue y Vilcún, Región de La Araucanía

Variedades	Maquehue (t/ha)		Vilcún (t/ha)	
	Fechas de siembra			
	26/11/19	20/10/20	11/12/19	7/10/20
Detroit Darko	12,0	19,1	16,2	29,8
Red Ace	18,4	24,0	15,7	41,2
Prestige F1	9,2	20,3	9,9	17,1
Boro F1	20,7	29,7	27,0	26,2
Manzú F1	24,3	26,1	16,8	37,8
Chata de Egipto	22,6	29,3	17,0	28,4

Rendimiento industrial

El rendimiento industrial se basa en el contenido de materia seca (hacer láminas deshidratadas y conservas) y pigmentos (extracción para la industria). Pero el contenido de sólidos solubles se debe considerar, ya que estos azúcares saborizan dichos productos.

La materia seca en promedio fue de 13,1 %, en dos años de evaluación en las diferentes localidades de unidades demostrativas. La mejor combinación para obtener alta materia seca fue en Freire con la variedad Prestige F1, mientras que la más baja estuvo en INIA Carillanca con la variedad Manzú F1 (Cuadro 11). Además, INIA Carillanca fue en promedio la localidad de menor producción de materia seca en betarraga.

Cuadro 11. Contenido de materia seca (%) en betarraga, promedio de dos años en localidades de la Región de La Araucanía

Variedades	Localidades		
	INIA Carillanca	Freire	Maquehue
Boro F1	10,4	11,7	12,9
Chata de Egipto	12,1	15,0	13,2
Detroit Darko	13,3	11,7	13,9
Manzú F1	10,2	13,3	15,1
Prestige F1	13,7	20,0	15,8
Red Ace	13,5	13,3	14,6
Promedio	12,2	14,2	14,2

Respecto a los sólidos solubles, o azúcares acumulados, el promedio general fue de 11,5°Brix. La mejor interacción para obtener altos niveles de azúcar estuvo en Maquehue con el híbrido Prestige F1 con 14,5°Brix, tal como se muestra en el cuadro 12. Mientras que la menor acumulación de azúcar estuvo en INIA Carillanca con el híbrido Boro F1 con 9,2°Brix. El mejor promedio lo presentó Freire, aunque no tan distante de Maquehue, ambos tuvieron una leve diferencia de 0,2°Brix, INIA Carillanca presentó el menor promedio con 10,6°Brix. Dichas diferencias entre localidades, probablemente son a causa de las diferencias térmicas entre territorios, el valle central presenta temperaturas más elevadas, pero con mayor duración en el día, a diferencia de la precordillera que tiene temperaturas menores durante el día.

Cuadro 12. Contenido promedio de sólidos solubles (°Brix) en betarraga para dos años de evaluación en diferentes localidades de la Región de La Araucanía

Variedades	Localidades		
	INIA Carillanca	Freire	Maquehue
Boro F1	9,2	12,1	11,1
Chata de Egipto	11,8	13,5	12,2
Detroit Darko	9,7	11,4	10,7
Manzú F1	10,1	12,5	11,8
Prestige F1	11,4	12,4	14,5
Red Ace	11,8	12,1	12,6
Promedio	10,6	12,3	12,1

Valor nutricional y nutracéutico

La betarraga es una buena fuente de betacaroteno, antioxidantes y fibra, por lo que tiene beneficios para la salud. Es una excelente fuente de ácido fólico, vitamina C y potasio. Específicamente, 100 g de ácido fólico cubren un tercio de las necesidades diarias de un adulto, un sexto de vitamina C y un 8 % de potasio y magnesio. Además, éste contiene una cantidad apreciable de fósforo y apenas aporta calorías (41 por 100 g). Otros nutrientes que se encuentran en cantidades nada despreciables son las vitaminas B1, B2, B3 y B6, y los minerales hierro y yodo. Todos los nutrientes, especialmente el hierro, se asimilan mejor cuando la betarraga se consume en forma de jugo. El jugo de betarraga favorece la producción de óxido nítrico, que ayuda a regular la presión arterial. Contiene betalainas (pigmentos), confiriendo un poder antioxidante, y disminuyen los triglicéridos, control de la glicemia y contribuyen a combatir la aterosclerosis (Salud y nutrición, 2022). En el cuadro 13 se muestra el contenido de elementos nutricionales en betarraga (Cinco al día, 2022).

Cuadro 13. Información nutricional de betarraga cruda

Betarraga cruda	100 g
Energía (Kcal)	43
Proteínas (g)	1,6
Grasa total (g)	0,2
Hidratos de carbono disponibles (g)	6,8
Fibra dietética total (g)	2,8
Sodio (mg)	78
Potasio (mg)	325
Vitamina A (μ ER)	2
Vitamina C (mg)	4,9
Vitamina E (mg ET)	0
Ac. Fólico (μg)	109
Calcio (mg)	16
Hierro (mg)	0,8

La betarraga contiene arginina, betaína, histidina, isoleucina, leucina, fenilalanina, tirosina y tirosinasa (Jiangsu New Medical College, 1979). El uso se recomienda como hemostático, estomacal, tratamiento para la disentería, y como un remedio popular contra el cáncer en la medicina árabe, estadounidense, alemana y mexicana.

En China, la raíz de betarraga se usa como tónico para las mujeres y se dice que contiene hormonas sexuales femeninas. Los constituyentes informados son saponisido, fitosterol, materia grasa, betaína, leucina, tirosina, isoleucina, arginina, histidina, fenilalanina, ureasa y tirosinasa (Perry 1980). La betarraga contiene numerosos principios activos, incluye acetamida, ácido aconítico, alanina, alantoína, aluminio, L-arabinosa, abginina, ácido ascórbico, bario, betaína, cadmio, ácido cafeico, calcio, carbohidratos, β-caroteno, ácido clorogénico, cromo, ácido cítrico, cobre, ácido p-cumárico, cistina, ácido dâucico, farnesol, grasa, ácido ferúlico, folacina, formaldehído, ácido glutâmico, glicina, kaempferol, leucina, ácido linoleico, ácido α-linolénico, litio, lisina, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, niacina, nitrógeno, ornitina, ácido oxálico, ácido oxicitrónico, ácido palmítico, ácido pantoténico, pentosanos, quercetina, rafinosa, raphanol, riboflavina, ácido salicílico, selenio, serina, β-sitosterol, ácido esteárico, estroncio, tiamina, α-tocoferol, ácido tricarbálico, ácido vanílico, xilosa, zinc y circonio (Duke 2001).

Referencias

Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712>

Cinco al día. 2022. En: <https://5aldia.cl/frutas-y-vegetales/betarraga/>

Dreamstime. 2022. Etapas de crecimiento de la remolacha. En: <https://es.dreamstime.com/etapas-del-crecimiento-de-la-remolacha-establecimiento-planta-roja-las-remolachas-ciclo-vida-ra%C3%ADz-primaria-ilustraci%C3%B3n-vector-en-image1-42574669>

Duke, J.A. 2001. Handbook of phytochemical constituents of GRAS herbs and other economic plants. Boca Raton, FL: CRC Press.

Ford-Lloyd, B.V. 1995. Sugarbeet and other cultivated beets. En: Smartt, J. y Simmonds, N.W. (eds). Evolution of crop plants. 2nd ed., Longman Scientific and Technical, Essex. 35-40.

Goldman, I. L. y Navazio, J. P. 2008. Table beet. En: Prohens, J. y Nuez, F. Vegetables I. Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae and Cucurbitaceae. Handbook of Plant Breeding. Springer, New York. 219-240.

Jiangsu New Medical College. 1979. Dictionary of Chinese traditional medicine. 3 vols. Shanghai: Shanghai Sci Tech. Publ.

Kehr, E. y Bastías, M. 2016. Betarraga. En: Kehr, E. y Leal, Y. (eds.). 2016. Fichas Técnicas: Rubros agropecuarios de interés para sistemas productivos de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 330. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6557> (Consultado: 18 octubre 2022). 19-22.

ODEPA. 2022. Estadísticas productivas. En: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>.

Perry, L. M. 1980. Medicinal plants of east and southeast Asia. Cambridge, MA: MIT Press.

Saavedra, G., Kehr, E., Bastías, M., Fontanilla, C. y Sandoval, B. 2022. El cultivo de la betarraga en la Región de La Araucanía. Informativo N°145. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Carillanca. 4pp.

Salud y nutrición. 2022. <https://saludynutricion.pe/betarraga/>

Water for profit. 2022. https://www.growcom.com.au/_uploads/LWR/CB1_Beetroots.pdf

Brócoli

Brassica oleracea L.var. italica Plenck

Romanesco

Brassica oleracea var. botrytis

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



Centro de origen y características botánicas

El origen del brócoli parece estar situado en la cuenca mediterránea (Gómez-Campo y Gustafsson, 1991), en particular en su costa este (Gray, 1982). El comercio intenso y relaciones entre numerosos países del área mediterránea en la época romana, apoyó la difusión y el intercambio de materiales genéticos en varias regiones. Estos procesos evolutivos, probablemente, condujeron a la adaptación a diferentes condiciones edafoclimáticas, pero el cultivo y selección de genotipos permitió la identificación de varios tipos y formas de brócoli con interesantes rasgos agronómicos y cualitativos (Nuez *et al.*, 1999).

Los cultivares de romanesco se engloban en el mismo taxón que las coliflores. Para algunos botánicos, la coliflor y brócol pertenecen a la misma variedad botánica, distinguiéndose en su forma, siendo las primeras *Brassica oleracea* L. var. *botrytis*, forma cauliflora, y los brócolis *Brassica oleracea* L. var. *botrytis* L., forma cymosa (Baixauli y Maroto, 2017). El romanesco es una hortaliza originaria del Asia Menor e introducida a la península itálica. Hasta hace poco era solo conocida en Italia, pero se ha ido difundiendo por el mundo, primero como hortaliza gourmet y, actualmente, como hortaliza para consumo fresco masivo o industrialización, esencialmente congelado.

Todas estas plantas poseen una raíz pivotante de la que parten raíces superficiales. En brócoli, las hojas suelen ser de color verde más oscuro, más rizadas, más pecioladas que las de coliflor y, aunque erectas, en general se extienden de forma más horizontal y abierta que en el caso de coliflor. El brócoli difiere fundamentalmente de la coliflor, ya que además de rematar sus tallos principales en una masa globosa de yemas florales hipertrofiadas, lateralmente y en las axilas de las hojas, pueden desarrollar brotes florales, de tamaño menor, que aparecen de forma paulatina y escalonada, generalmente tras el corte del cogollo floral principal. Las masas de inflorescencias hipertrofiadas son de color verdoso, grisáceo o morado, el grado de compactación es menor (pella u órgano de consumo más abierta) (Baixauli y Maroto, 2017).

Romanesco se denomina a un conjunto de cultivares, cuyas hojas y sistema de crecimiento son similares a los de coliflor, y que dan una pre-inflorescencia verde-amarillenta con una forma helicoidal piramidal de gran belleza ornamental (Baixauli y Maroto, 2017). Ambas especies se caracterizan por ser anuales alógamas (autoincompatible), con tres fases de crecimiento (Figura 1):

- Fase 1- juvenil o herbácea que va desde la germinación a la formación de una roseta helicoidal de hojas verdes;
- Fase 2- inducción floral donde comienza la diferenciación floral y la aparición de un botón pequeño en medio de la roseta de hojas;
- Fase 3 - aparición de una pella (masa compacta de ramificaciones florales) verde en el caso de brócoli y verde-amarillenta en romanesco.

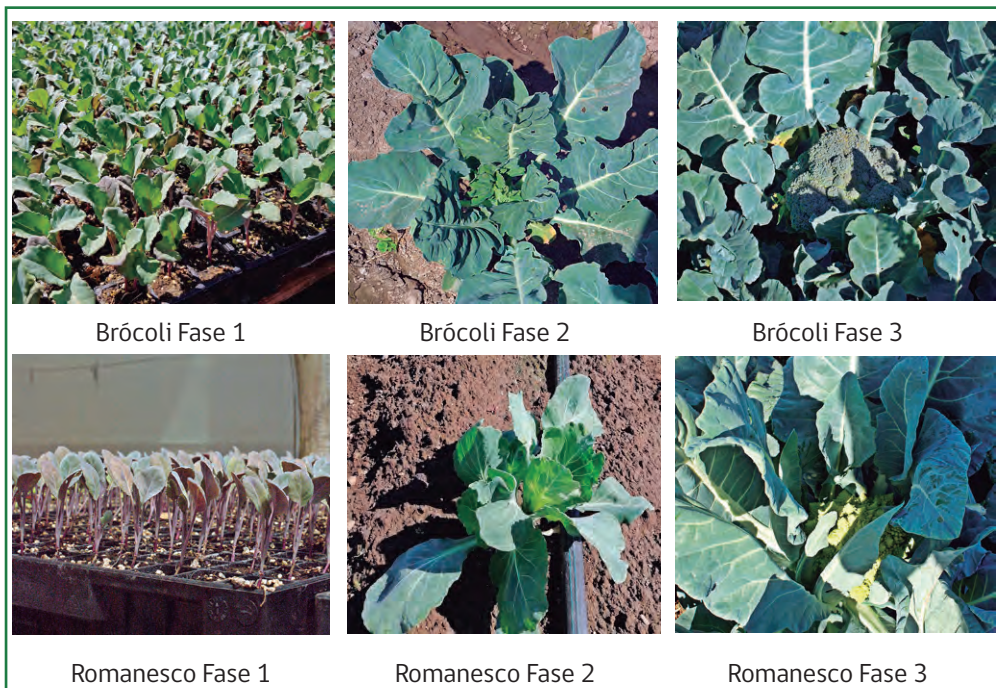


Figura 1. Fases de crecimiento y desarrollo del brócoli y romanesco

Estadísticas productivas regionales

En el mundo existen aproximadamente 650 mil hectáreas de brócoli, 70 % en Asia (China e India) (FAOSTAT, 2022). En Chile, en los últimos 10 años, la superficie plantada promedio es de 1.383 hectáreas, pero la temporada 2021-2022 aumentó a 1.934 ha (Cuadro 1). Los cultivares de romanesco no están incluidos en la estadística nacional por no haber datos.

Así, el 80 % de la producción está concentrada en la Región Metropolitana y Coquimbo, el resto de las regiones tienen superficies marginales, siendo Valparaíso y Maule las que tienen sobre el 5 % de plantación. La Región de La Araucanía representa solo el 0,2 % del total, o sea, es un cultivo muy minoritario.

Cuadro 1. Superficie plantada y su distribución porcentual por regiones de brócoli, temporada 2021-2022 (ODEPA, 2022)

Región	Superficie (ha)	Porcentaje del total (%)
Arica y Parinacota	20	1,0
Atacama	11	0,5
Coquimbo	473	24,4
Valparaíso	161	8,3
Metropolitana	1.081	55,9
O'Higgins	47	2,4
Maule	108	5,6
Ñuble	11	0,6
Biobío	20	1,0
La Araucanía	3	0,2
Resto del País	-	1,0
Total	1.934	100

En La Araucanía, la superficie plantada con brócoli es muy poca, el máximo estuvo en la temporada 2020 con 5,7 hectáreas, en 2021 disminuyó a 3 ha, sin embargo, la tendencia histórica de los últimos nueve años muestra un incremento en superficie (Figura 2).

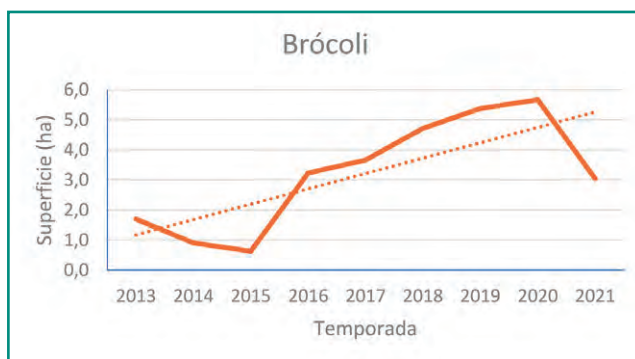


Figura 2. Superficie plantada con brócoli en los últimos nueve años y línea de tendencia para la Región de La Araucanía

La comercialización en el mercado es a través de la venta por unidades provenientes desde La Araucanía, presentando un precio real promedio de \$945 por unidad (entre diciembre 2020 y abril de 2021), comercializándose en total 9.360 unidades (ODEPA, 2022).

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y fenología

El brócoli y romanesco, son moderadamente tolerantes a heladas, pero temperaturas menores a 15 °C en la primera fase de crecimiento inducen a floración prematura. La planta puede resistir temperaturas de -3 °C, mientras que su temperatura base es de 4,5°C para la acumulación térmica.

La temperatura óptima de germinación de ambas especies es entre 20 y 30 °C, pero sobre 36 °C y bajo 4,5 °C la germinación no ocurre (Baixauli y Maroto, 2017). La planta presenta un fotoperíodo neutro, que requiere entre 20–25 °C en la primera fase de crecimiento y 10 a 18 °C en la segunda fase hasta cosecha. Sin embargo, las plantas no crecen cuando están sometidas a temperaturas sobre 30 °C. Maroto *et al.* (1994) observaron que el brócoli es una planta vernalizante facultativa (no necesariamente requiere de horas frío para formar la pella). Existe una correlación muy marcada entre el número de hojas formadas y la producción de cogollos. Por esta razón, la fecha de siembra es muy importante y se debe ajustar según la variedad, para que el período de inducción floral se produzca cuando la planta posea un número suficiente de hojas (Baixauli y Maroto, 2017).

El pH óptimo requerido es entre 6,6 y 7,5, siendo el mínimo tolerado 5,8. No es exigente en calidad de suelo, arraigan muy superficialmente, pero el mínimo debe ser 0,6 m de profundidad.

La época de siembra de almácigo y posterior trasplante depende del objetivo de la cosecha (primavera-verano u otoño-invierno). En el cuadro 2 y cuadro 3 se presentan las fechas de trasplante para brócoli y romanesco según época de cultivo, el almácigo se debe hacer a lo menos 40 días antes de la fecha planeada de trasplante.

Cuadro 2. Fecha de trasplante de brócoli según época de cultivo y territorio en la Región de La Araucanía (Kehr y Bastías, 2022)

Época de cultivo	Zona agroecológica	Inicio	Término
Primavera-verano	Valle central	Octubre	Enero
Primavera-verano	Precordillera	Octubre	Enero
Primavera-verano	Secano interior	Octubre	Noviembre
Primavera-verano	Secano costero	Octubre	Noviembre
Otoño-Invierno	Valle central	Enero	15 febrero
Otoño-Invierno	Precordillera	Enero	15 febrero
Otoño-Invierno	Secano interior	Enero	15 marzo
Otoño-Invierno	Secano costero	Enero	15 marzo

Cuadro 3. Fecha de trasplante de romanesco según época de cultivo y territorio en la Región de La Araucanía (Kehr y Bastías, 2022)

Época de cultivo	Zona agroecológica	Inicio	Término
Primavera-verano	Valle central	Octubre	Noviembre
Primavera-verano	Precordillera	Octubre	Noviembre
Primavera-verano	Secano interior	Octubre	Noviembre
Primavera-verano	Secano costero	Octubre	Noviembre
Otoño-Invierno	Valle central	Diciembre	Febrero
Otoño-Invierno	Precordillera	Diciembre	Febrero
Otoño-Invierno	Secano interior	Noviembre	Diciembre
Otoño-Invierno	Secano costero	Noviembre	Diciembre

El ciclo de crecimiento y desarrollo de ambas especies es similar, se divide en tres fases, tal como se mencionó anteriormente (Figura 3).

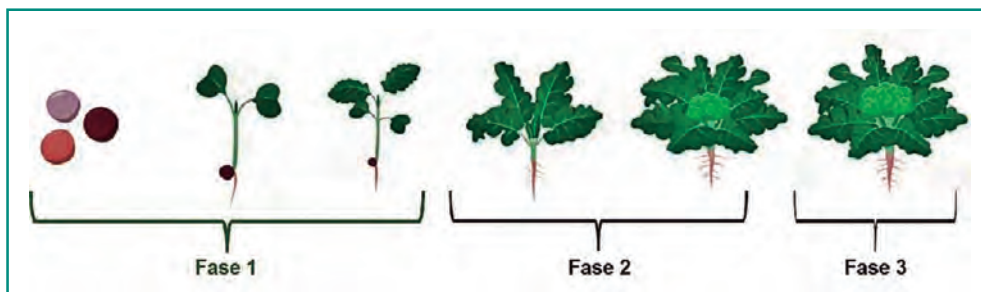


Figura 3. Fases de crecimiento y desarrollo del brócoli y romanesco

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

El trasplante se realiza cuando las plántulas tienen 12 a 15 cm de altura, un grosor de tallo de 3 a 4 mm y unas 3 a 4 hojas verdaderas. Las plantas envejecidas pueden florecer prematuramente, o bien no crecen y no se desarrollan al trasplante. El marco de plantación es de 40 mil plantas por hectárea, trasplantadas a una distancia de 0,7 m sobre hilera y 0,35 m entre hilera, en camellones de 70 cm de ancho o mesas de 1,2 m de ancho.

Necesidades hídricas

Por la época de trasplante y cultivo, ambas especies requieren de riego, idealmente presurizado, de manera de controlar la entrega de agua y fertilizante. En los cuadros 4 y 5 se presenta la demanda bruta de agua para ambas especies, lo cual permite hacer un cálculo de las necesidades de agua de los cultivos. En Anexo1 se presenta el método de cálculo de la demanda bruta.

Cuadro 4. Demanda bruta de agua para el brócoli en diferentes territorios de la Región de La Araucanía (Kehr y Bastías, 2022)

Época	Zona agroecológica	Trasplante	Inicio cosecha	Demanda bruta (mm/ha)
Primavera-verano	Secano interior	Octubre	15 enero	388
		Noviembre	15 febrero	488
	Secano costero	Octubre	15 enero	328
		Noviembre	15 febrero	407
	Precordillera	Octubre	Enero	358
		Noviembre	Febrero	442
		Diciembre	Marzo	410
		Enero	15 mayo	409
	Valle central	Octubre	Enero	332
		Noviembre	Febrero	411
		Diciembre	Marzo	377
		Enero	Abril	372
Otoño-invierno	Valle central	Enero	Mayo	389
		15 febrero	15 julio	272
	Precordillera	Enero	Mayo	401
		15 febrero	15 julio	312
	Secano costero	Enero	Abril	381
		Febrero	Mayo	286
		15-mar	15 julio	196
	Secano interior	Enero	Abril	457
		Febrero	Mayo	373
		15-mar	15 julio	262

Cuadro 5. Demanda bruta de agua por romanesco en diferentes territorios de la Región de La Araucanía (Kehr y Bastías, 2022)

Época	Zona agrocológica	Mes trasplante	Inicio cosecha	Demanda bruta (mm/ha)
Primavera-verano	Valle central	Octubre	Febrero	414
		Noviembre	Marzo	467
	Precordillera	Octubre	Febrero	446
		Noviembre	Marzo	504
	Secano costero	Octubre	Febrero	410
		Noviembre	Marzo	464
	Secano interior	Octubre	Febrero	489
		Noviembre	Marzo	561
Otoño-invierno	Valle central	Enero	Mayo	376
		Diciembre	Abril	494
		Febrero	Junio	280
	Precordillera	Enero	Mayo	409
		Diciembre	Abril	518
		Febrero	Junio	319
	Secano costero	Noviembre	Febrero	414
		Diciembre	Marzo	402
	Secano interior	Noviembre	Febrero	498
		Diciembre	Marzo	498

Necesidades nutricionales

Ramos y Pomares (2010) observaron que las necesidades nutricionales de N, P₂O₅ y K₂O estarían entre 280-320 kg/ha, 80-100 kg/ha y 370-450 kg/ha para producir entre 15 y 20 t/ha, respectivamente. En romanesco no hay información al respecto, pero se podría inducir que las necesidades nutricionales son bastante similares a brócoli.

Manejo de enfermedades

Este cultivo es atacado por una serie de enfermedades muy similares a coliflor y romanesco. Así, en el cuadro 6 se presenta un listado de fitopatógenos y síntomas reconocidos por el SAG (Acuña, 2008).

Cuadro 6. Listado de enfermedades reconocidas en Chile para el cultivo del brócoli (Acuña, 2008)

Agente causal	Síntomas
<i>Albugo candida</i> roya blanca	Hojas y tallos con pústulas blanquecinas. Inflorescencias con pequeños tumores ahusados. Detención del crecimiento de las plantas.
<i>Alternaria alternata</i> mancha de la hoja	Manchas foliares necróticas, circulares, de color café, a veces en anillos concéntricos.
<i>Alternaria brassicae</i> <i>Alternaria brassicicola</i> alternariosis	Manchas foliares café, circulares, de 1,6 mm hasta 2,5 m. o más de diámetro, a veces con anillos concéntricos, principalmente en hojas externas más viejas. Hojas con perforaciones en tejidos secos, con micelio y esporas como hollín. Cabezuela o pella con acafesamiento de flores individuales o ramilletes florales.
<i>Erwinia carotovora</i> subsp. <i>Carotovora</i> pudrición bacteriana blanda	Pudrición blanda de flores individuales de las cabezuelas o pellas, color café claro, con necrosis posterior y olor fétido.
<i>Fusarium oxysporum</i> fusariosis, caída de plántulas	Amarillez foliar, caída prematura de hojas. Pudrición radicular y necrosis del cuello. Decoloración amarilla a café del tejido vascular.
<i>Fusarium</i> sp., <i>Pythium</i> sp., <i>Phytophthora</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> caída, pudrición radicular	Plántulas con pudrición en base del cuello y raíces, con estrangulamiento del tallo a nivel del suelo. Plantas con amarillez y necrosis foliar; pudrición seca de cuello y raíces. Decoloración y necrosis del tejido vascular en zona del cuello.
<i>Peronospora parasitica</i> mildiú	Manchas amarillentas en cara superior de las hojas y desarrollo de micelio blanco grisáceo en el envés. Necrosis de tejidos afectados. Manchas semejantes en pellas.
<i>Phoma lingam</i> (tel. <i>Leptosphaeria maculans</i>) pie negro, mancha foliar, caída	Caída de plántulas. Base de tallos y raíces con lesiones ovales o alargadas, gris oscuro, borde púrpura, con formación de diminutos picnidios negros. Tallos estrangulados y ennegrecidos. Manchas foliares pequeñas y grises con puntos negros en el centro (picnidios).

Agente causal	Síntomas
<i>Phyllosticta brassicae</i> mancha de la hoja	Manchas foliares de color café con formación de numerosos puntos negros (picnidios) en el centro.
<i>Plasmodiophora brassicae</i> hernia de la col	Plantas con marchitez reversible, amarillez y enanismo, asociados a la formación de raíces deformes, con hernias o tumores fusiformes, amarillentos y luego café oscuro.
<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Rhizoctonia</i> sp. rizoconiasis	Necrosis de hojas basales y externas asociada a pudrición del cuello y raíces, con lesiones alargadas como canchales. Pudrición del centro de la cabezuela o pella.
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> esclerotiniosis	Plantas con amarillez y necrosis foliar. Pudrición de cabezuelas. Pudrición acuosa de la base de tallos, con micelio blanco algodonoso y esclerocios negros e irregulares.
<i>Verticillium albo-atrum</i> verticilosis	Plantas con amarillez foliar intervenal que se inicia en las hojas más viejas. Oscurecimiento del tejido vascular (xilema). Enanismo de las plantas.
<i>Xanthomonas campestris</i> pv. <i>Campestris</i> mancha angular, pudrición negra	Hojas con manchas en los bordes, en forma de V, primero amarillentas y luego necróticas, con bordes difusos. Ennegrecimiento de las nervaduras de las hojas. Plantas con amarillez foliar y defoliación, asociada a decoloración negra y necrosis de la zona vascular de tallos y nervaduras foliares.
Cauliflower mosaic virus (CaMV) Virus del mosaico de la coliflor	Plantas con enanismo leve, escaso desarrollo de pellas y malformación de hojas. Mosaico y moteado en hojas; clareamiento de nervaduras o bandas claras a lo largo de las nervaduras y pequeños puntos necróticos en hojas.

La gran mayoría de estas enfermedades pueden ser prevenidas con una buena rotación de cultivos, evitando que los cultivos anteriores sean de la misma familia *Brassicaceae*. La eliminación de rastrojos y malezas es necesaria para evitar que inóculos permanezcan en ellos y después infecten el cultivo. Tanto el riego y nitrógeno no debe aplicarse en exceso, ya que esto favorece la succulencia de los órganos que se cosechan, y al tener mayor humedad los patógenos pueden entrar a la planta con facilidad.

El control químico debe ser preventivo o curativo, y solo usarse en caso muy necesario. Un listado de ingredientes activos y sus productos comerciales se presenta en el cuadro 7. Todos estos productos están autorizados por el SAG (2022) para su uso en el cultivo de brócoli, en romanesco aún no hay un listado.

Cuadro 7. Listado de ingredientes activos y productos comerciales para enfermedades de brócoli (SAG, 2022)

Nombre común	Patógeno	Ingrediente activo	Producto comercial
Alternariosis	<i>Alternaria brassicae</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Azoxistrobina / Clorotalonilo	Amistar Opti
		Clorotalonilo	Balear 720 SC, Bravo 720, Clorotalonil 720, Glider 72 SC, Pugil 50 SC, Pugil 720, Rhino 720 SC
		Difenoconazol	Caldera 250 EC, Difenconazol 250 EC, Dominio 25 EC, Ergonazole, Premiado 250 EC, Score 250 EC
		Mancozeb	Fortuna Globo 75 WDG, Fungizeb 800 WP, Mancozeb 80 % PM
		Metalaxilo / Mancozeb	Mancolaxyl, Metalaxil-Mz 58 WP
		Piraclostrobina	Comet, Vivarus
Esclerotiniosis	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Azoxistrobina / Clorotalonilo	Amistar Opti
		Metalaxilo / Mancozeb	Metalaxil-Mz 58 WP
		<i>Trichoderma harzianum</i> cepa <i>Queule</i> / <i>Trichoderma virens</i> cepa <i>Sherwood</i> / <i>Trichoderma parceramosum</i> cepa <i>Trailes</i>	Trichonativa Hortalizas

Mildiu	<i>Peronospora parasitica</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Azoxistrobina / Clorotalonilo	Amistar Opti
		Clorotalonilo	Balear 720 SC, Bravo 720, Clorotalonil 720, Glider 72 SC, Pugil 50 SC, Pugil 720, Rhino 720 SC
		Mancozeb	Fortuna Globo 75 WDG, Fungizeb 800 WP, Mancozeb 80 % PM
		Metalaxilo / Mancozeb	Mancolaxyl, Metalaxil-Mz 58 WP
		Sulfato de Cobre Pentahidratado	Agrocopper SP
Rizoctoniasis	<i>Rhizoctonia solani</i>	<i>Trichoderma harzianum</i> cepa <i>Queule</i> / <i>Trichoderma virens</i> cepa <i>Sherwood</i> / <i>Trichoderma parceramosum</i> cepa <i>Trailes</i>	Trichonativa Hortalizas

Manejo de plagas

Las plagas que atacan al brócoli y romanesco son varias, siendo los más importantes los pulgones y polilla del repollo. Una forma de disminuir la presencia de ellos es eliminar las malezas que sirven de hospederos a estas especies. También, el sembrar corredores biológicos con plantas que atraigan los enemigos naturales. Pero, si los primeros individuos se observan, hacer aplicaciones químicas preventivas. En el cuadro 8 se presenta un listado de productos autorizados por el SAG (2022) para esta especie.

Cuadro 8. Ingrediente activo y producto comercial para el control de las principales plagas del brócoli

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Falso medidor	<i>Trichoplusia ni</i>	Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
		<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp <i>kurstaki</i> CEPA SA-13	Costar
		<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp <i>kurstaki</i> (Cepa: ABTS-351)	Dipel WG
		Benzoato de emamectina	Proclaim 05 SG
		Beta-Ciflutrina	Bulldock 125 SC
		Diazinón	Diazol 50 EW, Etanis 50 EW
		Espinosad	Entrust
		Flubendiamida	Belt 480 SC
		Metomilo	Greko 90 SP
		Monoclorhidrato de Cartap	Cartap 50 % WP
		Permetrina	Permetrina 50 CE
		Profenofós	Selecron 720 EC
Tiametoxam / Lambda-Cihalotrina	Engeo 247 ZC		
Mariposa blanca del repollo	<i>Pieris brassicae</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp <i>kurstaki</i> CEPA SA-14	Costar
		<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp <i>kurstaki</i> (Cepa: ABTS-351)	Dipel WG
		Espinosad	Entrust
		Gamma-Cihalotrina	Zoro
		Lambda-Cihalotrina	Knockout, Lambda Cihalotrina 50 EC, Zero 5 EC
		Metomilo	Greko 90 SP
		Permetrina	Permetrina 50 CE
		Tiametoxam / Lambda-Cihalotrina	Engeo 247 ZC

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Minahojas	<i>Liriomyza huidobrensi</i> , <i>Agromyza sp</i>	Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
		Benzoato de emamectina	Proclaim 05 SG
		Ciromazina	Ciromas 75% WP
		Diazinón	Diazinon 600 EC
		Dimetoato	Dimetoato 40 EC, Perfekthion
		Esfenvalerato	Halmark 75 EC
		Gamma-Cihalotrina	Bull, Zoro
		Imidacloprid	Punto 70 WG
		Lambda-Cihalotrina	Knockout, Lambda Cihalotrina 50 EC, Zero 5 EC
		Metomilo	Greko 90 SP
		Monoclorhidrato de Cartap	Cartap 50 % WP
		Novalurón	Pedestal, Rimon 10 EC
		Permetrina	Permetrina 50 CE
Tiametoxam / Lambda-Cihalotrina	Engeo 247 ZC		

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Polilla del repollo	<i>Plutella xylostella</i>	Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
		<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp <i>kurstaki</i> CEPA SA-12	Costar
		<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp <i>kurstaki</i> (Cepa: ABTS-351)	Dipel WG
		<i>Beauveria bassiana</i> Cepa ATCC 74041	Naturalis L
		Benzoato de emamectina	Proclaim 05 SG
		Beta-Ciflutrina	Bulldock 125 SC
		Carbarilo	Rukarb 85 WP, Sevin Xlr Plus 480 SC
		Diazinon	Diazinon 600 EC, Diazol 50 EW , Etanis 50 EW
		Esfenvalerato	Halmark 75 EC
		Espinosad	Entrust
		Flubendiamida	Belt 480 SC
		Gamma-Cihalotrina	Zoro
		Indoxacarb	Avaunt, Avaunt 30 WG
		Lambda-Cihalotrina	Knockout, Lambda Cihalotrina 50 EC, Zero 5 EC
		Metomilo	Greko 90 SP
		Monoclorhidrato de Cartap	Cartap 50 % WP
		Permetrina	Permetrina 50 CE
		Profenofós	Selecron 720 EC
Tiametoxam / Lambda-Cihalotrina	Engeo 247 ZC		

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Pulgones	<i>Varias spp</i>	Acetamiprid	Hurricane 70 WP
		Alfa-Cipermetrina	Alfamax 10 EC
		<i>Beauveria bassiana</i> Cepa ATCC 74040	Naturalis L
		Beta-Ciflutrina	Bulldock 125 SC
		Diazinón	Diazinon 600 EC, Diazol 50 EW , Etanis 50 EW
		Dimetoato	Dimetoato 40 EC, Perfekthion
		Esfenvalerato	Halmark 75 EC
		Gamma-Cihalotrina	Bull, Zoro
		Imidacloprid	Confidor Forte 200 SL, Couraze 200 SL, Punto 70 WG
		Imidacloprid / Beta-Ciflutrina	Connect 112,5 SC
		Lambda-Cihalotrina	Knockout, Lambda Cihalotrina 50 EC, Zero 5 EC
		Metomilo	Greko 90 SP
		Monoclorhidrato de Cartap	Cartap 50 % WP
		Pirimicarb	Paton 50 WP
		Tau-Fluvalinato	Mavrik Aquaflow
Tiametoxam	Cruiser 70 WS		
Tiametoxam / Lambda-Cihalotrina	Engeo 247 ZC		

Manejo de malezas

Las plantas de brócoli una vez trasplantadas deben estar al menos 30 días libres de malezas, ya que ese es el período menos competitivo (Zamora, 2016). El control de malezas en brócoli y romanesco debe ser hecho desde la preparación de suelos antes del trasplante, donde una preparación temprana, permitiendo que el sol destruya propágulos por deshidratación,

es una ventaja. Estos cultivos, al ser escardados, permite el uso de cubiertas plásticas, que le dan una serie de ventajas, además de protegerlos contra malezas, tales como mejor temperatura a nivel radicular, lo que permite un mejor desarrollo de planta. Igualmente, al ser necesario, se puede hacer un control químico con productos autorizados por el SAG (2022), tales como los que se muestran en el cuadro 9.

Cuadro 9. Ingredientes activos y productos comerciales de herbicidas autorizados para el cultivo del brócoli (SAG, 2022)

Ingrediente activo	Producto comercial	Aplicación	Acción	Tipo
Cletodima	Aquiclan 24 EC, Aquiles 24 EC, Centurion 240 EC, Centurion Super, Cletodim 240 EC, Hazard	Postemergencia	Gramíneas	Sistémico selectivo
Glifosato-Monoamonio	Rango 75 WG, Rangoclan 75 WG	Postemergencia (m)	Gramíneas y hoja ancha	Sistémico no selectivo
Oxadiargilo	Raft 400 SC	Pre emergencia	Hoja ancha	Suelo activo
Oxifluorfenó	Enmark, Tango 24 EC	Pre emergencia (m)	Hoja ancha	Contacto selectivo
Pendimetalina	Pendiclan 33 EC, Spectro 33 EC, Spectro 40 EC	Pretrasplante	Gramíneas y hoja ancha	Suelo activo
Propaquizafop	Agil 100 EC	Postemergencia	Gramíneas	Sistémico selectivo
Quizalofop-Etilo	Flecha 9.6 EC	Postemergencia	Gramíneas	Sistémico selectivo
S-Metolacoloro	Dual Gold 960 EC	Pre Siembra Incorporado	Gramíneas y hoja ancha	Suelo activo
Trifluralina	Treflan, Triflurex 48 EC	Pre Siembra Incorporado	Gramíneas y hoja ancha	Suelo activo

(m) = Pos emergencia de las malezas

Índice de cosecha

En el brócoli el tamaño de la pella es un indicador importante, puede tener de 10 a 18 cm de diámetro al momento de la cosecha, pero hay otros indicadores que deben coincidir, como tamaño del florete, compacidad de la pella (debe ser bien compacto) y color de los floretes (debe ser verde intenso) (Figura 4a). En el caso de romanesco, la mayoría de las indicaciones para brócoli son válidas, solo que el color de la pella debe ser amarillo verdoso (Figura 4b).

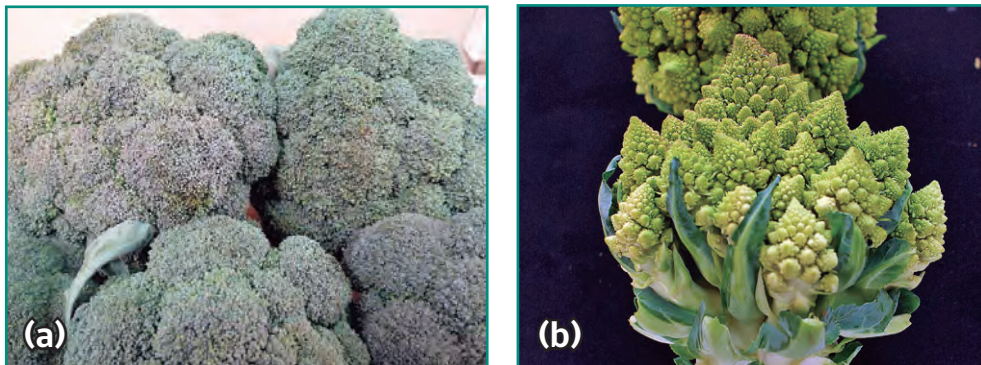


Figura 4. Pellas de brócoli (a) y romanesco (b) aptas para cosecha

Poscosecha

La inflorescencia o pella de brócoli y romanesco, una vez separada de la planta, continúa su actividad biológica, respira, transpira y fotosintetiza, pero ya no tiene el flujo de agua desde las raíces, lo que provoca deshidratación de la pella.

En el marco del programa GORE-INIA Hortalizas, se realizaron evaluaciones de muestras de brócoli y romanesco, se pesaron, se puso una muestra a pleno sol y otra a la sombra bajo malla raschel por 2 y 4 horas, para pesarlas nuevamente y calcular la pérdida de peso. En el caso de brócoli, el promedio de todas las mediciones realizadas a las 2 horas al sol fue de 4,3 % de pérdida de peso, mientras que a la sombra fue 2,9 %, una diferencia de 1,4 %. A las 4 horas a pleno sol fue de 8,3 % y a la sombra de 5,3 %, o sea una diferencia de 3 %. En este caso, la pérdida de peso se duplicó al no proteger la cosecha con una sombra o protección, lo que indica que es una necesidad proteger las pellas mientras se está embalando y cargando la cosecha. En el cuadro 10 se presentan los resultados de porcentaje de pérdida de peso en brócoli, por territorio y variedad.

Cuadro 10. Pérdida de peso (%) de brócoli (dos variedades) expuestas al sol y bajo sombra (malla raschel) en tres localidades de la Región de La Araucanía

Localidad	Tiempo	Covina F1		Avenger	
		Luz	Sombra	Luz	Sombra
INIA Carillanca	2 horas	2,6	2,6	8,5	2,7
INIA Carillanca	4 horas	8,7	5,9	11,6	4,8
Maquehue	2 horas	2,6	1,7	2,4	1,3
Maquehue	4 horas	3,9	2,3	4,0	2,6
Freire	2 horas	3,7	6,4	1,8	0,5
Freire	4 horas	7,5	7,5	7,3	1,5

Para romanesco, el promedio a las 2 horas de exposición al sol fue de 3,4 % de pérdida de peso, mientras que a la sombra fue 2,0 %. A las 4 horas al sol, la pérdida de peso fue de 6,8 %, pero a la sombra solo fue de 3,8 %. En el cuadro 11 se presentan los resultados generales por localidad y tratamiento.

Cuadro 11. Pérdida de peso (%) de romanesco expuestas al sol y bajo sombra (malla raschel) en cuatro localidades de la Región de La Araucanía

Localidad	Tiempo	Navona		Natalino	
		Luz	Sombra	Luz	Sombra
INIA Carillanca	2 horas	1,6	1,1	2,8	1,3
INIA Carillanca	4 horas	5,4	3,2	7,1	4,0
Maquehue	2 horas	4,3	1,6	3,3	2,6
Maquehue	4 horas	6,0	2,5	6,7	4,7
Chol Chol	2 horas	7,0	0,8	3,3	2,6
Chol Chol	4 horas	9,3	1,6	6,7	4,7
Freire	2 horas	2,5	1,3	2,0	4,5
Freire	4 horas	8,3	2,0	4,6	7,8

Productividad

En ambos cultivos la cosecha es un punto muy delicado, donde cosecha muy temprana puede producir pellas muy pequeñas y con poco rendimiento, pero tardía se deteriora y la pella pierde compacidad con muy mala presentación. Una manera de tener una buena aproximación a la fecha de cosecha es el uso de la suma térmica, tomando como temperatura base 5 °C, que es la temperatura bajo la cual la planta no puede crecer. En evaluaciones realizadas en las unidades demostrativas del programa GORE-INIA Hortalizas, brócoli tuvo un promedio de 1.085 ± 146 grados-días de trasplante a cosecha, mientras que el romanesco tuvo 995 ± 196 grados-días. Con esta información, una fecha aproximada de cosecha se puede estimar, por eso se hizo una extrapolación a los diferentes territorios de La Araucanía. En los cuadros 12 y 13 se presentan las fechas de trasplante de ambos cultivos y su fecha estimada de cosecha.

Cuadro 12. Épocas de cosecha de brócoli según fecha de siembra y grados-días acumulados para cinco territorios de la Región de La Araucanía

Zona agroecológica	Época	Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha
Secano interior: Chol Chol	Prim-Ver	Octubre	Fines de enero	Noviembre	Mediados de febrero
	Oto-Inv	Enero	Mediados de abril	15 de marzo	Principios de noviembre
Valle central: Temuco	Prim-Ver	Octubre	Fines de enero	Enero	Principios de abril
	Oto-Inv	Enero	1ª quincena de abril	15 de febrero	Fines de julio
Valle central: Maquehue	Prim-Ver	Octubre	Fines de enero	Enero	Principios de abril
	Oto-Inv	Enero	1ª quincena de abril	15 de febrero	Fines de julio
Cautín sur: Freire	Prim-Ver	Octubre	1ª quincena de febrero	Enero	1ª quincena de abril
	Oto-Inv	Enero	Principios de abril	15 de febrero	Fines de agosto
Precordillera Vilcún	Prim-Ver	Octubre	1ª quincena de febrero	Enero	Mediados de abril
	Oto-Inv	Enero	Mediados de abril	15 de febrero	1ª quincena de septiembre
Secano costero: Tranapunte	Prim-Ver	Octubre	1ª quincena de febrero	Noviembre	Fines de febrero
	Oto-Inv	Enero	Fines de abril	15 de marzo	Mediados de septiembre
Malleco sur: Renaico	Prim-Ver	Octubre	1ª quincena de enero	Febrero	Fines de abril
	Oto-Inv	Enero	Mediados de marzo	Marzo	Fines de julio

Cuadro 13. Épocas de cosecha de romanesco según fecha de siembra y grados-días acumulados para cinco territorios de la Región de La Araucanía

Zona agroecológica	Época	Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha
Secano interior: Chol Chol	Prim-Ver	Octubre	Fines de enero	Noviembre	1ª quincena de febrero
	Oto-Inv	Noviembre	Principios de febrero	Diciembre	Fines de febrero
Valle central: Temuco	Prim-Ver	Octubre	2ª quincena de enero	Noviembre	Principios de febrero
	Oto-Inv	Diciembre	1ª quincena de marzo	Febrero	1ª quincena de mayo
Valle central: Maquehue	Prim-Ver	Octubre	Mediados de enero	Noviembre	1ª quincena de febrero
	Oto-Inv	Diciembre	Fines de febrero	Febrero	1ª quincena de mayo
Cautín sur: Freire	Prim-Ver	Octubre	Fines de enero	Noviembre	Mediados de febrero
	Oto-Inv	Diciembre	1ª quincena de marzo	Febrero	Fines de mayo
Precordillera Vilcún	Prim-Ver	Octubre	Fines de enero	Diciembre	Fines de diciembre
	Oto-Inv	Diciembre	1ª semana de marzo	Febrero	Mediados de junio
Secano costero: Tranapunte	Prim-Ver	Octubre	1ª quincena de febrero	Noviembre	2ª quincena de febrero
	Oto-Inv	Noviembre	Fines de febrero	Diciembre	Mediados de marzo
Malleco sur: Renaico	Prim-Ver	Octubre	Principios de enero	Diciembre	1ª quincena de febrero
	Oto-Inv	Diciembre	Principios de febrero	Febrero	Mediados de abril

Rendimiento

Brócoli y romanesco para la agroindustria se comercializa por toneladas. En brócoli, con una población de 40 mil plantas/ha, se recolectan aproximadamente 33 mil plantas útiles. El rendimiento promedio mundial, fue de 18,8 t/ha en el año 2020 (FAOSTAT, 2022), siendo Asia el continente de mayor rendimiento promedio con 19,1 t/ha. En Chile el rendimiento promedio ha estado en 16,5 t/ha, existiendo un potencial de 22 t/ha.

En las unidades demostrativas del programa GORE-INIA Hortalizas, se obtuvo rendimientos de 13 a 14 t/ha. El peso promedio de las pellas fue 505 g. En romanesco no hay datos nacionales ni internacionales, pero dentro del programa se obtuvo rendimientos interesantes, con un promedio de 32 t/ha, con un peso promedio de pellas de 783 g.

Rendimiento industrial

El brócoli y romanesco se usan en la agroindustria para congelado, por lo que es importante el contenido de materia seca y sólidos solubles en el producto a comercializar. Estas variables dan el rendimiento industrial, ya que, al ser escaldados y posteriormente congelados, hay una pérdida de agua y es la materia seca la que va a dar la estructura del congelado. En las evaluaciones hechas por el programa se obtuvo 13,9 % de materia seca en brócoli y 12,4 % en romanesco. En cuanto a contenido de sólidos solubles, brócoli tuvo un promedio de 8,6°Brix y romanesco 8,7°Brix, valores muy cercanos.

Valor nutricional y nutracéutico

El brócoli tiene gran importancia del punto de vista nutricional, ya que contiene una elevada cantidad de fibra, minerales y vitaminas. Concretamente, es una buena fuente de vitamina C (si bien una parte considerable de la misma puede perderse durante el proceso de cocción) y folatos, hasta el punto que una ración (200 g) aporta casi el doble de las ingestas recomendadas de vitamina C y la cuarta parte de las ingestas recomendadas de folatos para un hombre y una mujer de 20 a 39 años con actividad física moderada. También es fuente de potasio, que contribuye al funcionamiento normal del sistema nervioso y de los músculos. El consumo de una ración de brécol cubre el 28 % de las ingestas recomendadas de folatos. El brécol contiene además una importante proporción de azufre, que le confiere propiedades antimicrobianas e insecticidas, además de ser responsable del fuerte olor que desprenden estas verduras durante su cocción (Fundación Española de la Nutrición, 2022). En el cuadro 14 se presenta la información nutricional del brócoli (Cinco al día, 2022).

Cuadro 14. Información nutricional del brócoli

Energía (Kcal)	28
Proteínas (g)	3,1
Grasa total (g)	0,1
Hidratos de carbono disponibles (g)	2,4
Fibra dietética total (g)	3,0
Sodio (mg)	24,0
Potasio (mg)	180,0
Calcio (mg)	51,0
Hierro (mg)	0,6
Vitamina A (μ ER)	51,0
Vitamina C (mg)	40,1
Vitamina E (mg ET)	1,3
Ac. Fólico (μg)	30,0

Fuente: Cinco al día, 2022.

El romanesco, como casi todas las hortalizas, no destaca por su contenido en proteínas ni grasas, pero sí destaca por su vitamina C (una ración de 100 gramos cubre el total de la cantidad diaria recomendada, incluso después de cocinarla brevemente) y por su vitamina K, conocida como antihemorrágica por su papel clave en la coagulación sanguínea.

También es importante su aporte de la antioxidante vitamina E, lo que no es habitual en un producto tan pobre en grasas. También, se encuentran igualmente buenas dosis de ácido fólico y otras vitaminas del grupo B, concretamente B6 y B2. El ácido fólico es fundamental para la síntesis de ADN cuando se crean nuevas células, así como para la producción de glóbulos rojos y blancos, al igual que la vitamina B6, que también actúa sobre sustancias que regulan el estado de ánimo e interviene en la producción de energía y el rendimiento muscular. La vitamina B2 complementa la acción antioxidante de la E y participa en la transformación de los alimentos en energía. Entre sus minerales más abundantes están el potasio, el fósforo, el calcio, el magnesio, el manganeso y el hierro (Cuerpomente, 2022). En el cuadro 15 se muestra la información nutricional del romanesco (myfitnesspal, 2022).

Cuadro 15. Información nutricional del romanesco

Energía (Kcal)	31
Proteínas (g)	3,0
Grasa total (g)	0,3
Hidratos de carbono disponibles (g)	6,0
Fibra dietética total (g)	3,2

Fuente: myfitnesspal, 2022.

Referencias

Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712>

Baixauli, C. y Maroto, J.V. 2017. Bróculis, coliflores y coles. En: Maroto, J. V. y Baixauli, C. (Eds.). 2017. Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural, Almería, España. Serie Agricultura 13. 371-434.

Cinco al día. 2022. Brócoli: Información nutricional. En: <https://5aldia.cl/frutas-y-vegetales/brocoli/>

Cuerpomente. 2022. El Romanesco. En: <https://www.cuerpomente.com/guia-alimentos/col-romanesco>

FAOSTAT. 2022. FAO Stats data. En: <https://www.fao.org/faostat/es/#data>

Fundación Española de la Nutrición. 2022. Brécol. En: <https://www.fen.org.es/MercadoAlimentosFEN/pdfs/brecol.pdf>

Gómez-Campo, C. y Gustafsson, M. 1991. Germplasm of wild n=9 Mediterranean species of *Brassica*. *Botanika Chronika*, 10: 429-434.

Gray, A.R. 1982. Taxonomy and evolution of broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*). *Econ. Bot.*, 36 (4): 397-410. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02862698>.

Kehr, E. y Bastías, M. 2022. Brócoli. En: <https://planpredial.inia.cl>

Maroto, J. V., López-Galarza, S. y San Bautista, A. 1994. Germination of broccoli in different seedbeds conditions during summer in the Spanish Mediterranean Coast. *Acta Horticulturae*, 407: 321-325. DOI: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1996.407.40>

Myfitnesspal. 2022. Verdura: Romanescu. En: <https://www.myfitnesspal.com/es/food/calories/romanescu-265208668>

Nuez, F., Gómez Campo, C., Fernández de Córdoba, P., Soler, S. y Valcárcel, J.V. 1999. Colección de semillas de coliflor y brócoli. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, Madrid. 120 pp.

ODEPA. 2022. Estadísticas productivas. En: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>

Ramos, C. y Pomares, F. 2010. Abonado de los cultivos hortícolas. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 181-192.

SAG. 2022. Lista de plaguicidas con autorización vigente al 11 de octubre 2022. En: www.sag.cl

Zamora, E. 2016. El cultivo del brócoli. Serie guías - producción de hortalizas DAG/HORT-010. En: <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>

Haba

Vicia faba L.

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



Centro de origen y características botánicas

El haba es una especie dicotiledónea anual, perteneciente a la familia *Fabaceae*. Tiene como centro de origen el noroeste de India (Punjab), Afganistán, Tadjikistán y Uzbekistán (Vavilov, 1994). Pero también reconoce como subcentro, la cuenca del Mediterráneo. Actualmente, dicho cultivo está difundido en casi todo el mundo (FAO, 2022) y durante 2020 hubo 255 mil hectáreas cosechadas, siendo el continente americano el de mayor superficie cosechada para consumo en verde con el 45 % del total.

Hay tres variedades botánicas cultivadas que se diferencian fundamentalmente en el tamaño de sus semillas:

1) ***Vicia faba* L. var. *minor* (Harz) Beck.** Semilla pequeña, de forma elipsoidal y peso promedio entre 0,3 y 0,7 g cada una. Sus vainas son cilíndricas, miden entre 8 y 15 cm de largo y contienen tres a cuatro semillas. Estas últimas miden entre 0,7 y 1,3 cm de largo.

2) ***Vicia faba* L. var. *equina* Pers.** Semilla de tamaño mediano, de forma aplastada y el peso promedio de cada una varía entre 0,7 y 1,1 g. Las vainas, que son de tamaño intermedio, presentan una dehiscencia moderada y contienen tres a cuatro semillas. Estas últimas miden entre 1,3 y 1,7 cm de largo.

3) ***Vicia faba* L. var. *major* (Harz) Beck.** Es la más usada para consumo en verde, sus semillas son de tamaño grande, alcanzando un peso promedio por semilla de entre 1,2 y 1,8 g. Sus vainas son indehiscentes, miden entre 12 y 35 cm de largo y contienen cuatro a cinco semillas, que miden entre 2 y 3 cm de largo. Los cultivares más utilizados en Chile, que corresponden al tipo Aguadulce, pertenecen a esta variedad botánica (PUC, 2022).

La germinación de esta especie es hipogea, o sea, los cotiledones permanecen bajo el nivel del suelo, a la misma profundidad en que fue sembrada la semilla. La plúmula, es la estructura que conduce al primer par de hojas y que emerge sobre el suelo. Una vez lograda la emergencia, la plúmula da paso al primer par de hojas verdaderas. Bajo ellas se ubica el epicotilo, estructura que corresponde a la porción del tallo que se desarrolla entre la semilla y la primera hoja verdadera (Figura 1a). Posee una raíz pivotante, que profundiza en el suelo relativamente rápido. El sistema radical puede alcanzar hasta 1 m de profundidad, pero lo normal es que su crecimiento se produzca en los primeros 50 a 60 cm.

Los tallos son erectos y su altura fluctúa entre 0,8 a 1,2 m. Desde los nudos basales se pueden producir 1-5 ramas (Figura 1b). El número de nudos vegetativos del tallo principal es de siete, pero en las ramas basales es de solo 3-4. Luego de completarse los nudos vegetativos, comienza a producirse los nudos reproductivos, variando entre 12 a 18, sin gran diferencia entre tallo principal y ramas. La flor del haba es grande y está conformada por cinco pétalos, que corresponden al estandarte o pétalo posterior, a las alas o pétalos laterales y a la quilla que está formada por dos pétalos anteriores unidos entre sí. Los

pétalos pueden ser totalmente blancos, o presentar manchas, las cuales pueden ser de color púrpura o negro (Figura 1c). Puede ocurrir polinización cruzada entre 5 y 50 %, llegando incluso a valores tan altos como 70 %. Las flores se presentan dispuestas en inflorescencias de racimos axilares cortos. La longitud de vainas fluctúa aproximadamente entre 12 y 35 cm, con un valor promedio de 22 a 24 cm. El ancho de las vainas varía entre 2,0 y 2,5 cm como promedio (Figura 1d) (PUC, 2022).

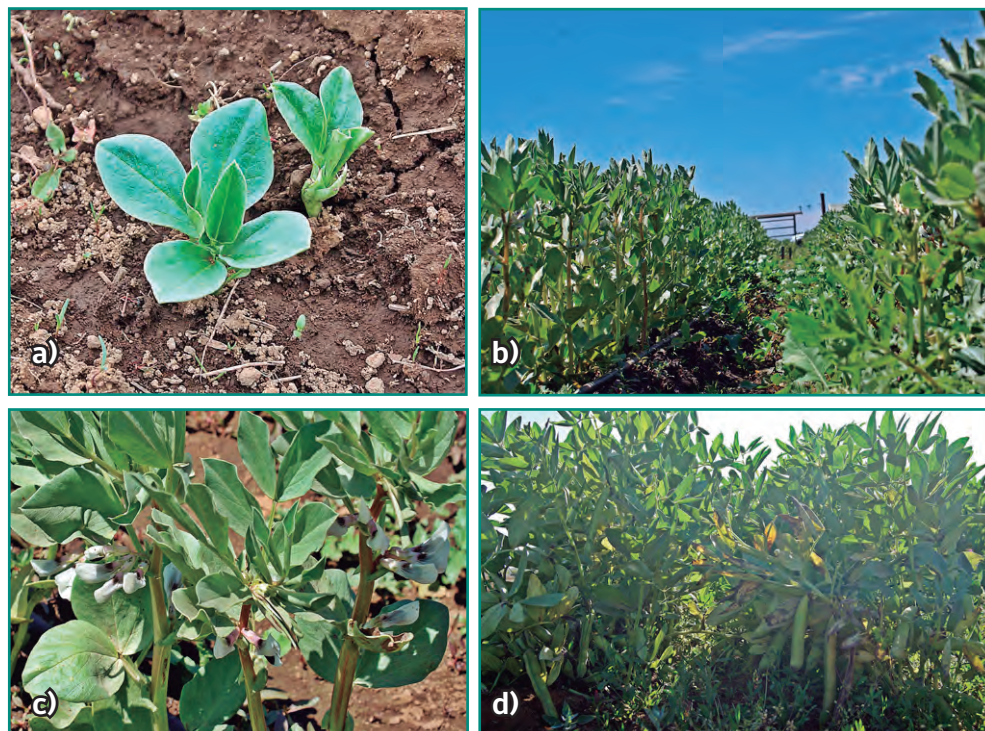


Figura 1. Estados fenológicos en haba: a) Primeros estados de desarrollo, b) Planta en elongación, c) Planta en floración y d) Planta en fructificación

Estadísticas productivas regionales

En Chile, la superficie promedio de los últimos 11 años ha estado en unas 1.857 hectáreas. La temporada 2021/2022 (ODEPA, 2022), tuvo una superficie sembrada de 2.187 hectáreas (Cuadro 1). La Región Metropolitana es la principal productora de haba para verde (41,0 % del total sembrado). Además de congelado, existen industrias que deshidratan y hacen conservas. Otra región de importancia es la de Coquimbo, por ser gran productora de primores (cosecha temprana). La Región de La Araucanía se ubica en el sexto lugar en superficie, pero con una tendencia al alza (Figura 2). Así, la región tuvo 98,2 hectáreas en la temporada 2020/2021, bajando a 92,2 hectáreas la temporada 2021/2022.

Cuadro 1. Superficie regional (ha) con haba y su distribución porcentual (ODEPA, 2022)

Regiones	Hectáreas	Porcentaje (%)
Arica y Parinacota	32,5	1,5
Atacama	82,1	3,8
Coquimbo	342,9	15,7
Valparaíso	185,7	8,5
Metropolitana	897,9	41,0
O'Higgins	176,4	8,1
Maule	210,6	9,6
Ñuble	22,7	1,0
Biobío	33,3	1,5
La Araucanía	92,8	4,2
Resto del país	110,6	5,1
Total	2.187,4	

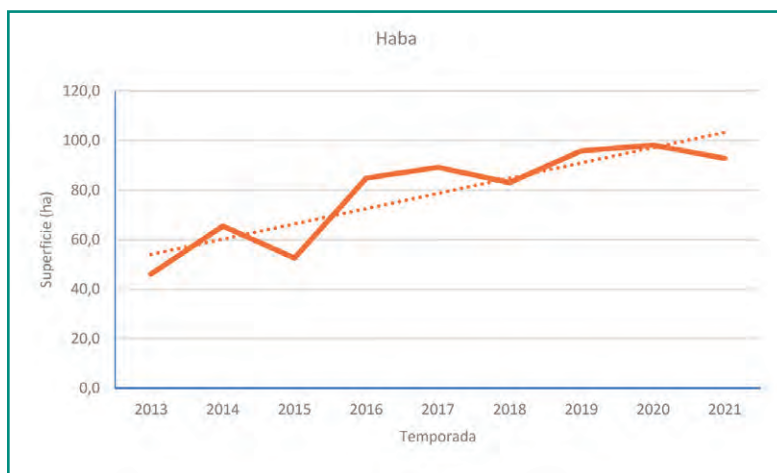


Figura 2. Superficie sembrada y tendencia del cultivo de haba en la Región de La Araucanía en las últimas temporadas (ODEPA, 2022)

En cuanto a volúmenes comercializados en diferentes mercados del país, provenientes de La Araucanía, en promedio se comercializan anualmente 158 toneladas de haba verde, pero solo entre noviembre y enero, con el mayor volumen de venta en diciembre. El precio promedio de las últimas tres temporadas fue de \$572 por kilo, el mejor precio se obtiene en enero (ODEPA, 2022).

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y ciclo de desarrollo

El cultivo de haba no es muy exigente en temperatura de suelo. Es un cultivo medianamente resistente a heladas, produciéndose daño crítico con $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$, donde la floración es el período más sensible a estos eventos. La temperatura base mínima de crecimiento es $5\text{ }^{\circ}\text{C}$, con un óptimo de $15\text{--}20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y máximo de $28\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para la floración la temperatura ideal fluctúa entre $10\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$, mientras que para llenado de grano son $16\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para germinación, la temperatura ambiental mínima es de $7\text{ }^{\circ}\text{C}$, óptima $22\text{ a }28\text{ }^{\circ}\text{C}$ y máxima $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Tapia y Bascur, 1992). Este cultivo responde a día largo para floración.

El pH mínimo tolerado por este cultivo es de 5,0. Sin embargo, el desarrollo óptimo se encuentra entre 5,7 y 6,8, con un valor máximo de 8,6. Además, este cultivo tolera una conductividad eléctrica de 2,0 dS/m, con un máximo de 6,8 dS/m (Ciren, 2017).

Las épocas de siembra para este cultivo se presentan en el cuadro 2, donde se clasifican por zona agroecológica en La Araucanía.

Cuadro 2. Épocas de siembra del cultivo de haba según zona agroecológica (Kehr y Bastías, 2022)

Zonas agroecológicas	Inicio	Fin
Secano interior	01 mayo	31 julio
Secano costero	01 mayo	31 julio
Valle central	01 junio	30 septiembre
Precordillera	01 junio	31 agosto

La planta presenta un comportamiento anual, con una parte de su crecimiento en invierno, pero su floración y llenado de grano ocurre en primavera para la Región de La Araucanía. En la figura 3 se presenta un esquema del ciclo de crecimiento y desarrollo del haba (PUC, 2022). Por tener una semilla grande, su siembra es a mayor profundidad, pero tiene una emergencia muy vigorosa.

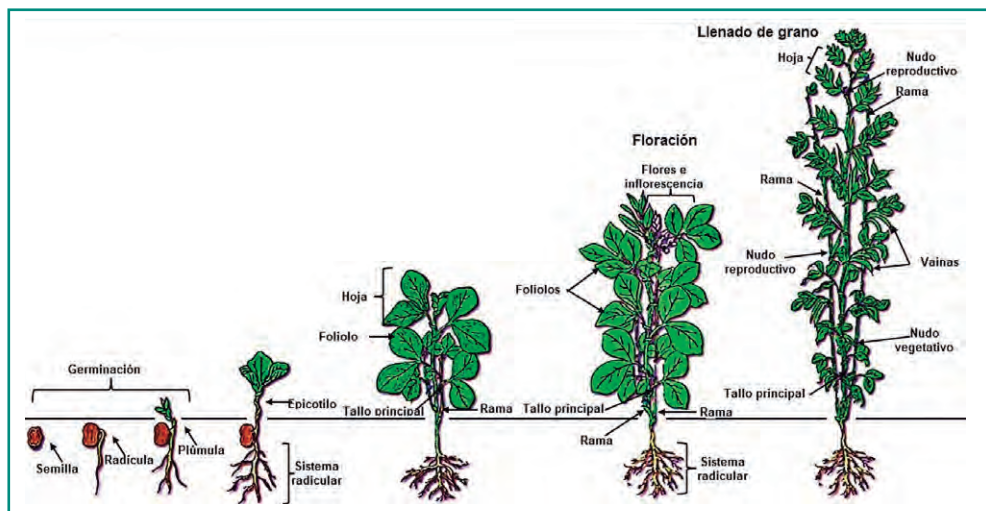


Figura 3. Ciclo de desarrollo de haba para fresco (Adaptado de PUC, 2022)

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

La siembra es directa manual o mecanizada, en camellones o en plano, con 75 kg/ha de semilla, para una población de 50-60 mil plantas/ha. La distribución espacial se muestra en el cuadro 3. El peso de mil semillas es 1.200 a 1.800 g.

Cuadro 3. Distancias de siembra entre y sobre hilera en el cultivo de haba*

Distancia entre hilera (m)	Distancia sobre hilera (m)
0,60	0,30
0,70	0,25
0,75	0,20

*: Para alcanzar 50 mil a 60 mil plantas por hectárea.

Necesidades hídricas

Es muy sensible a la falta de agua, especialmente, entre floración y llenado de vainas, aunque en La Araucanía pasa gran parte del cultivo sin riego, solamente dependiendo de las precipitaciones invernales y primaverales. Las necesidades hídricas del cultivo están dadas por la demanda bruta de agua (Cuadro 4) para las diferentes zonas agroecológicas

de la región. La metodología utilizada para el cálculo se indica en el Anexo 1. En base a esta información, el riego a aplicar se puede calcular durante la temporada.

Cuadro 4. Demanda bruta de agua del cultivo de haba por zona agroecológica y mes de siembra en la Región de La Araucanía

Zonas agroecológicas	Inicio siembra	Término cosecha	Demanda bruta (mm/ha)
Secano costero	Mayo	Octubre	154
	Junio	Noviembre	220
	Julio	Diciembre	187
Secano interior	Mayo	Octubre	182
	Junio	Noviembre	235
	Julio	Diciembre	341
Valle central	Junio	Diciembre	343
	Julio	Diciembre	474
	Agosto	Diciembre	550
	Septiembre	Enero	343
Precordillera	Junio	Diciembre	387
	Julio	Diciembre	511
	Agosto	Diciembre	595

Necesidades nutricionales

El haba es un cultivo que pertenece a la familia de las leguminosas, plantas que tienen la capacidad de capturar nitrógeno atmosférico a través de la simbiosis con bacterias o Rhizobios específicos para cada especie (*Rhizobium leguminosarum*) y acumularlo en nódulos en las raíces. Estos nódulos, después de cosecha, aportan al suelo una cantidad de nitrógeno, y donde se fijan 165 kg/ha/año en el cultivo (EOS Data Analytic, 2022).

Así, MARM (2009) reporta que por tonelada de vaina verde extrae 4,6 kg de nitrógeno (N_2), 1,3 kg de fósforo (P_2O_5) y 3,5 kg de potasio (K_2O). La aplicación de pequeñas dosis de nitrógeno en la primera fase de formación de la plántula (25 kg N/ha), es especialmente recomendada en períodos fríos y cuando las condiciones medioambientales no son favorables a la simbiosis (AgroEs, 2022).

Manejo de enfermedades

El haba es un cultivo bastante sano, pero es atacado por algunos patógenos que pueden causar daño económico. Las de mayor importancia son la Mancha Chocolateada (*Botrytis*

fabae), Roya (*Uromyces fabae*) y Oidio (*Erysiphe polygoni*) (Sepúlveda *et al.*, 1991). En el Cuadro 5 se presentan las enfermedades del cultivo de haba reconocidas para el país por el SAG, en una recopilación realizada por Acuña (2008).

Cuadro 5. Listado de enfermedades reconocidas para el cultivo del haba en Chile (Acuña, 2008)

Agente causal	Síntomas
<i>Ascochyta fabae</i> (<i>Ascochyta pisi</i>) mancha de ascochita	Manchas algo circulares, de color café con centro claro y borde oscuro y levemente deprimidas en hojas, tallos y vainas, con formación de pequeños picnidios globosos y negros en el centro de las manchas de tallos y vainas.
<i>Botrytis cinérea</i> tizón	Manchas foliares de color gris plumizo, grandes y sin bordes delimitados, también en tallos y vainas. Atizonamiento, marchitez y muerte de la parte apical del tallo.
<i>Botrytis fabae</i> mancha chocolatada	Manchas circulares, café chocolate o café rojizo, de 1 a 3 mm diámetro, levemente hundidas y con bordes delimitados, en hojas y vainas. Manchas similares alargadas en tallos. Tizón de flores.
<i>Cercospora zonata</i> (sin. <i>Cercospora viciae</i>) cercosporiosis	Manchas foliares necróticas, café a grisáceas, anilladas, de hasta 13 mm diámetro, con centro de color gris claro. Clorosis, necrosis del follaje y defoliación. Tallos con manchas elongadas, deprimidas, con centro gris y bordes café grisáceo, también en pecíolos.
<i>Colletotrichum lindemuthianum</i> antracnosis	Manchas foliares café, necróticas. Necrosis de venas. Manchas rojizas, deprimidas, con borde oscuro en las vainas. Manchas café y alargadas en tallos.
<i>Erysiphe polygoni</i> (sin. <i>Erysiphe pisi</i>) (anam. <i>Oidium</i> sp.) oidio	Micelio pulverulento y blanquecino en cara superior de hojas y a veces en brotes y vainas. Necrosis foliar y defoliación prematura.
<i>Fusarium</i> spp. <i>Fusarium moniliforme</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium oxysporum</i> caída, pudrición radicular	Plantas con clorosis, marchitez, amarillez prematura y desecación del follaje. Pudrición seca y necrosis de cuello y raíces. Caída de plántulas en pre o post emergencia.
<i>Phoma medicaginis</i> var. <i>pinodella</i> tizón, mancha foliar	Hojas con pequeñas manchas circulares, de color café oscuro a negro, con bordes definidos, a veces en tallos.

Agente causal	Síntomas
<i>Pseudomonas marginalis</i> pv. <i>Marginalis</i> pudrición del tallo	Amarillez y menor desarrollo de plantas, con pudrición acuosa de la base de tallos y necrosis posterior.
<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Rizoctoniasis</i> pudrición negra de la raíz	Plantas con clorosis y necrosis del follaje asociada a pudrición necrótica y lesiones de color café oscuro en parte basal del tallo y raíces.
<i>Phialophora</i> sp. <i>Phytophthora megasperma</i> <i>Pythium</i> sp., <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Rhizopus</i> sp. caída de plántulas	Caída de plántulas en pre y post emergencia. Clorosis y necrosis del follaje de plántulas, con lesiones café oscuro en parte basal del tallo y raíces. Ennegrecimiento de raíces.
<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> esclerotiniosis	Marchitez y seca de plantas, asociadas a pudrición basal del tallo y raíces, con desarrollo de micelio blanco y esclerocios negros, duros, de forma irregular.
<i>Uromyces fabae</i> (sin. <i>Uromyces viciae-fabae</i>) roya	Pústulas (uredosoros) café rojizo en hojas, tallos y vainas. Presencia de pústulas negras en plantas envejecidas (teleutosoros).
Alfalfa mosaic virus (AMV) Bean common mosaic virus (BCMV) Mosaico común del frejol Bean yellow mosaic virus (BYMV) Mosaico amarillo del frejol Cucumber mosaic virus (CMV) Virus del mosaico del pepino	Plantas con mosaico y moteado foliar amarillo y verde. Hojas con clorosis intervenal y encarrujamiento de la lámina foliar. Acortamiento de entrenudos. Distorsión o encarrujamiento de las hojas.

El mejor control de estas enfermedades es el preventivo, haciendo rotaciones sin especies leguminosas durante al menos tres años, para disminuir patógenos que permanecen en el suelo. También, preparar suelos con anticipación, exponer las estratas inferiores a pleno sol, eliminar rastrojos y controlar malezas, para eliminar plantas hospederas. Por otra parte, se debe usar semilla de calidad, de origen conocido, sana, libre de virus y mancha chocolatada. Por último, en forma preventiva desinfectar la semilla con fungicidas que controlen estos

patógenos, como Mancozeb. En el caso de necesitar control químico, usar los productos aprobados por el SAG, listado que se presenta en el cuadro 6 (SAG, 2022).

Cuadro 6. Listado de ingredientes activos y productos comerciales para enfermedades de haba (SAG, 2022)

Enfermedad	Patógeno	Ingrediente activo	Producto comercial
Esclerotiniosis	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Benomilo	Benomyl 50 PM
		Iprodiona	Rovelin 500 WP, Rovral 50 % WP, Rukon 50 WP, Tercel 50 WP
Fusariosis	<i>Fusarium spp.</i>	Benomilo	Benomyl 50 PM
		Fludioxonil/Mefenoxam	Celest XL 035 FS
Mancha chocolatada	<i>Botrytis fabae</i>	Azoxistrobina/Clorotalonilo	Amistar Opti
		Mancozeb	Fungizeb 800 WP, Mancocapac, Manzate 200
Mancha de ascochita	<i>Ascochyta fabae</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Azoxistrobina/Clorotalonilo	Amistar Opti
		Benomilo	Benomyl 50 PM
		Difenoconazol	Caldera 250 EC, Difenoconazol 250 EC, Dominio 25 EC, Score 250 EC
		Mancozeb	Fuerza, Fungizeb 800 WP
		Tebuconazol	Premiado 250 EC
Oidio	<i>Erysiphe polygoni</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Benomilo	Benomyl 50 PM
		Difenoconazol	Caldera 250 EC, Difenoconazol 250 EC, Dominio 25 EC, Score 250 EC
		Tebuconazol	Apolo 25 EW, Premiado 250 EC, Tacora 25 EW, Tebuconazole 25 EW, Vertice 25 EW
		Triadimefon	Swift-T 25
Pudrición de raíces	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Benomilo	Benomyl 50 PM

Enfermedad	Patógeno	Ingrediente activo	Producto comercial
Rizoctoniasis	<i>Rhizoctonia solani</i>	Benomilo	Benomyl 50 PM
		Fludioxonil/Mefenoxam	Celest XL 035 FS
		Iprodiona	Rovelin 500 WP, Rovral 50 % WP, Rukon 50 WP, Tercel 50 WP
Roya	<i>Uromyces fabae</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Azoxistrobina/Ciproconazol	Planet Xtra, Priori Xtra
		Ciproconazol	Alto 100 SL
		Mancozeb	Cadilac, Dithane NT, Fuerza, Fungizeb 800 WP, Mancocapac, Manzate 200
		Triadimefon	Swift-T 25
Tizón	<i>Botrytis cinerea</i>	Benomilo	Benomyl 50 PM
		Iprodiona	Rovelin 500 WP, Tercel 50 WP
		Mancozeb	Cadilac, Dithane NT, Fuerza
		Tebuconazol	Apolo 25 EW, Tacora 25 EW, Tebuconazole 25 EW, Vertice 25 EW

Manejo de plagas

El cultivo de haba es atacado por algunas plagas que pueden producir daño económico. En la siembra, la semilla puede ser atacada por la mosca de la semilla (*Delia* spp). De manera preventiva no se debe usar guano fresco y el suelo debe estar libre de rastros, la semilla debe ser desinfectada con Tiometoxam (Cruiser 600 FS Semillero). Otras plagas como pulgones, polilla del frejol, gusanos cortadores y larvas minahojas, pueden ser controladas con productos químicos, como los que se presentan en el cuadro 7. Todos estos productos tienen autorización de uso en haba por el SAG (2022).

Cuadro 7. Ingrediente activo y producto comercial para el control de plagas en haba

Ingrediente activo	Producto comercial	Mosca de la semilla	Pulgones	Minahojas	Polilla del frejol	Gusano cortador
Alfa-Cipermetrina	Mageos		X	X	X	X
Bifentrina	Talstar 10 EC, Tripp, Bifentrin 100 EC				X	
Carbarilo	Carbaryl 85 WP			X		X
Ciromazina	Trigard 75 WP, Ciromas 75% WP	X		X		
Dazomet	Basamid granulado				X	
Dimetoato	Dimetoato 40 EC		X	X		
Gamma-Cihalotrina	Bull, Zoro		X	X	X	X
Imidacloprid	Absoluto 20% SL, Absoluto 70% WP, Confidor Forte 200 SL, Couraze 200 SL, Couraze SC, Imiclan 70 WP, Imidacloprid 70%WP, Imidacloprid 200 SL, Punto 70 WP, Punto 70 WG, Puzzle 70% WG, Puzzle SC		X	X		
Imidacloprid / Deltametrina	Muralla Delta 190 OD		X			
Lambda-Cihalotrina	Invicto 50 CS, Karate con Tecnología Zeon, Karate con Tecnología Zeon 050 CS, Knockout, Lambda Cihalotrina 50 EC, Ninja, Zero 5 EC		X	X		X
Metam-sodio	Nemasol					X
Profenofos	Selecron 720 EC		X	X		

Ingrediente activo	Producto comercial	Mosca de la semilla	Pulgones	Minahojas	Polilla del frejol	Gusano cortador
Tiametoxam	Actara 25 WG, Cruiser 600 FS Semillero	X	X			
Tiametoxam / Lambda Cihalotrina	Engeo 247 ZC, Orbita SC		X		X	X

Manejo de malezas

El control de malezas comienza con una buena preparación de suelos, iniciando las labores temprano para romper y voltear el suelo, dejando que la semilla de malezas germine antes de rastrear y mullir el suelo. El cultivo, por tener una semilla grande y vigorosa, no necesita preparación de suelos acabada ni mullida, es importante conservar humedad para la germinación. Por ser una planta alta y fuerte, es posible cultivar mecánicamente entre hileras y aporcar para conducir el riego en primavera. Requiere estar libre de malezas los primeros 60 días después de emergencia. El control químico se puede realizar con una serie de herbicidas, los cuales se pueden elegir según las malezas, o de manera preventiva, con productos autorizados por el SAG para este cultivo, los cuales se listan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Ingredientes activos y productos comerciales de herbicidas autorizados para el cultivo del haba (SAG, 2022)

Ingrediente activo	Producto comercial	PSI	PreEM	PostEM	Control	Acción
Aclonifeno	Prodigio 600 SC		X		HA	Sel, cont
Bentazona-sodio	Basagran, Bentax 48 SL, Betaclan 48 SL			X	HA	Sel, cont
Cletodima	Aquiclan 24 EC, Aquiles 24 EC, Centurion 240 EC, Centurion Super, Fortaleza 24%EC, Hazard, Vesuvius			X	Gram	Sel, sist
Glifosato-Isopropilamonio	Rango 480 SL, Glifoglex 480 SL			X(m)	HA, Gram	No Sel, sist
Glifosato-Monoamonio	Rango 75 WG, Glifoglex 75 WG			X(m)	HA, Gram	No Sel, sist
Linurón	Linurón 500 SC, Tiburón 500 SC		X		HA, Gram	Sel, sist, SA
Oxifluorfenó	Galigan 240 EC		X (m)		HA, Gram	Cont, SA

Ingrediente activo	Producto comercial	PSI	PreEM	PostEM	Control	Acción
Pendimetalina	Drakkar, Herbadox 45 CS, Oriol 400 EC, Pendiclan 33 EC, Spectro 33 EC, Spectro 40 EC, Terweed		X		HA, Gram	SA
Quizalofop-Etilo	Flecha 9.6 EC			X	Gram	Sel, sist
Quizalofop-P-Etilo	Assure Pro			X	Gram	Sel, sist
Quizalofop-P-Tefurilo	Sector - T			X	Gram	Sel, sist
Tepraloxidima	Aramo			X	Gram	Sel, sist
Trifluralina	Treflan	X			HA, Gram	Sel

PSI= pre siembra incorporado; PreEM=pre emergencia; PostEM=post emergencia X(m)=pre y post emergencia de malezas; HA=hoja ancha; Gram=gramíneas; Sel=selectivo; Cont=contacto; Sist=sistémico; SA=suelo activo.

Índice de cosecha

La vaina para cosecha en verde no debe estar completamente desarrollada, con granos tiernos y más pequeños que su tamaño final (Figura 4).



Figura 4. Vainas y granos aptos para cosecha en verde para la planta de haba

Poscosecha

Las vainas de haba se deterioran al quedar expuestas al sol una vez cosechadas. Son órganos activos e inmaduros, especialmente porque están en plena etapa de llenado de grano, lo que implica movimientos de nutrientes y otros elementos hacia las vainas y granos. En el cuadro 9 se presentan resultados de pruebas de campo realizadas en el marco del programa GORE Hortalizas ejecutado por INIA Carillanca, donde se realizaron pesajes de una cantidad de vainas a la cosecha, dejando una muestra expuesta al sol y otra bajo

sombra de malla raschel por dos y cuatro horas, siendo pesadas las vainas cada vez, de manera de obtener la pérdida de peso por deshidratación.

Cuadro 9. Pérdida de peso (%) de habas expuestas al sol y bajo sombra (malla tipo raschel) en dos localidades de la Región de La Araucanía

		INIA Carillanca		Maquehue	
		Sol	Sombra	Sol	Sombra
Claro de Luna	2 horas	2,7	2,3	2,4	1,2
	4 horas	9,3	5,0	19,8	14,4
Luz de Otoño	2 horas	3,7	2,3	1,5	0,1
	4 horas	8,0	4,3	15,6	9,6
Reina Blanca	2 horas	1,2	2,0	2,1	1,1
	4 horas	3,4	8,4	20,1	8,9
Agua Dulce	2 horas	4,6	1,3	2,7	0,7
	4 horas	9,6	3,0	15,5	6,3
Luz de Abril	2 horas	3,7	1,7	2,1	0,9
	4 horas	11,0	3,0	19,3	6,5

El valor promedio general de la pérdida de peso alcanzó 2,7% a pleno sol por dos horas. Sin embargo, a la sombra la pérdida fue de 1,6%. A las cuatro horas llegó al 13,2% a pleno sol y a 6,9% a la sombra. En INIA Carillanca a las dos horas de exposición al sol, el promedio de pérdida de peso fue de 3,2% y 1,9% a la sombra, mientras que en Maquehue al sol fue de 2,2% y a la sombra 0,8%. Por otra parte, en INIA Carillanca a las cuatro horas de exposición, la pérdida de peso alcanzó a 8,3% al sol y 4,7% a la sombra, pero en Maquehue a 18,1% al sol y 9,1% a la sombra. En resumen, al proteger la cosecha con un mínimo de sombra se obtiene una pérdida de peso de casi la mitad de la expuesta al sol, por lo que las habas recién cosechadas deberían protegerse bajo sombra mientras se envasan o esperan el transporte para el mercado.

Productividad

El momento de cosecha del haba es muy importante, ya que se trata de una vaina inmadura, la cual sigue su proceso de desarrollo después de estar separada de la planta. La suma térmica fue de 862,6±127,1 unidad grado-día acumuladas para alcanzar el estado de cosecha óptimo y no se deteriore el grano, poniéndose más duro y con piel menos suave, calculada en las unidades demostrativas del programa GORE-INIA Hortalizas durante tres temporadas. En el cuadro 10 se presentan las fechas aproximadas de cosecha según época de siembra al extrapolar estos resultados a otros territorios.

Cuadro 10. Épocas de cosecha de haba según fecha de siembra y grados-días acumulados para cinco territorios de la Región de La Araucanía

Territorio	Mes de siembra	Período de cosecha	Mes de siembra	Período de cosecha
Secano interior: Chol Chol	Mayo	Fines de noviembre	Julio	2ª quincena de diciembre
Valle central: Temuco	Junio	1ª quincena diciembre	Septiembre	Fines de diciembre
Valle central: Maquehue	Junio	1ª quincena diciembre	Septiembre	Fines de diciembre
Cautín sur: Freire	Junio	Mediados diciembre	Agosto	Fines de diciembre
Precordillera Vilcún	Junio	Mediados diciembre	Agosto	Fines de diciembre
Secano costero: Tranapuente	Mayo	1ª quincena noviembre	Julio	Mediados de diciembre
Malleco sur: Renaico	Mayo	Fines de octubre	Julio	Mediados de noviembre

Rendimiento

El rendimiento promedio mundial de haba en verde fue 6,2 t/ha el año 2020 (FAOSTAT, 2022), mientras que en Chile se estimó en 12,2 t/ha. Sin embargo, el rendimiento potencial puede alcanzar a 22 t/ha de vaina.

En la temporada 2019/2020, en las unidades demostrativas del programa GORE INIA Hortalizas, algunas siembras fueron realizadas tarde (noviembre-diciembre), donde los rendimientos alcanzaron en promedio 5,5 t/ha cosechadas a fines de febrero hasta mediados de marzo. Con estos resultados podría ser un negocio interesante para la región, ya que la cosecha se concentra entre diciembre y enero. El mejor rendimiento se obtuvo en Maquehue con 8,8 t/ha cosechado a fines de febrero, donde las variedades Luz de Abril y Luz de Otoño fueron las de mejor comportamiento con 9,2 y 9,8 t/ha, respectivamente.

En fecha de siembra adecuada, el rendimiento promedio general fue 19,8 t/ha, alcanzando en Maquehue a 27,8 t/ha, donde todas las variedades evaluadas presentaron rendimientos superiores a 25 t/ha, destacando Agua Dulce con 32,4 t/ha.

Al comparar ambas fechas de siembra y analizar los componentes de rendimiento, se observó una disminución en el número de vainas por planta en la siembra tardía (13 a 7 vainas) y en el peso individual de vaina (37,8 a 25,8 g). Ambas variables explicarían la baja en rendimiento, probablemente a causa de abortos florales por exceso de temperatura.

Rendimiento industrial

La agroindustria utiliza el haba para congelado, deshidratado y conservas, pero hay un gran movimiento de grano verde en el comercio informal. El rendimiento industrial está dado por la materia seca y sólidos solubles del grano. También esto depende de la cantidad en peso de granos utilizables respecto a la cosecha con vainas. Sin embargo, en promedio una vaina pesa 37,8 g y los granos por vaina pesan 14,9 g, según los análisis hechos por el equipo de hortalizas en INIA Carillanca. Por lo tanto, hay una merma de 40 % de la producción una vez faenadas en la agroindustria.

El valor promedio de materia seca fue de 27,1 %, aunque esta cifra varía de acuerdo al momento de cosecha, ya que con cosecha tardía hay mayor acumulación de materia seca, pero menor calidad de grano. En cuanto al contenido de azúcares o sólidos solubles, el promedio fue de 16,7°Brix, destacando Maquehue con 19,2°Brix respecto a INIA Carillanca que tuvo solo 14,2°Brix. Probablemente, Maquehue presentó mayor temperatura de día y menor temperatura nocturna, por lo tanto, hubo mayor acumulación de azúcares con un menor gasto nocturno.

Valor nutricional y nutracéutico

El haba es una buena fuente nutritiva, aporta energía y proteínas, y otros nutrientes necesarios para el cuerpo humano, tal como se presenta en el cuadro 11.

Cuadro 11. Tabla nutricional de 100 g de habas hervidas (Mapfre, 2022)

Nutriente	Contenido
Energía	57,4 Kcal
Agua	79,3 g
Proteínas totales	5,8 g
Grasas totales	0,6 g
Hidratos de carbono totales	7,2 g
Hidratos de carbono complejos	6,2 g
Fibra	6,5 g
Ácido Fólico	57 mcg
Potasio	210 mg
Carotenoides totales	190 mcg
Vitamina A total	31,7 mcg

El haba contiene kaempferol, ácido fumárico, ácido D-glicérico, ácido folínico y plastoquinona (Chiu y Chang 1995). Las habas se pueden usar para proteger contra el cáncer de próstata (Kolonel *et al.*, 2000). Es alto en fibra, bajo en grasas y rico en lecitina, un nutriente que ayuda a reducir el colesterol (Duke 1997). Las saponinas estimulan el sistema inmunológico y disminuyen el crecimiento de epidermoides (Messina y Barnes 1991; Naim *et al.*, 1974).

También, el haba se usa para tratar la diarrea, la inflamación, la orina con sangre y el sangrado del sistema digestivo (Perry, 1980). Se encontraron metabolitos anticancerígenos y daidzeína en los tallos de *Vicia faba*. Se ha informado que las habas son una excelente fuente de alimento tanto para la genisteína como para la daidzeína (Kaufman *et al.*, 1997). Las habas contienen alanina, arginina, arsénico, ácido ascórbico, betulina, betacaroteno, ceraldona, cloro, colesterol, ácido cítrico, ácido p-cumárico, beta-cianoalanina, ácido ferúlico, fibra, fumárico, giberelina, ácido glutámico, ácido glicérico, ácido p-hidroxibenzoico, gamma-hidroxicitrulina, dhidroxisina, kaempferol, leucina, ácido linoleico, lisina, ácido mirístico, ácido oleico, ácido oxálico, ácido palmítico, ácido palmitoleico, fosfátidos, quercetina, serina, stizolamina, tiamina, treonina, triptófano, tirosina, valina, vicina y wyerona (Duke 2001).

Referencias

- Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712>
- AgroEs. 2022. Necesidades nutricionales, papel de los nutrientes y extracciones en lentejas y otras leguminosas de grano. En: <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-herbaceos-extensivos/lentejas/444-necesidades-nutricionales-y-papel-de-los-nutrientes-y-extracciones-en-lentejas-y-leguminosas-de-grano>
- Chiu, N., and Chang, K. 1995. The illustrated medicinal plants in Taiwan. Vol. 2. Taipei, Taiwan: SMC Publ.
- Ciren. 2017. Haba. En: <https://www.ciren.cl/wp-content/uploads/2017/12/Haba.pdf>
- Duke, J. A. 1997. The green pharmacy. Emmaus, PA: Rodale Press. 528 pp.
- Duke, J. A. 2001. Handbook of phytochemical constituents of GRAS herbs and other economic plants. Boca Raton, FL: CRC Press. 676 pp. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780203752623>
- EOS Data Analytic. 2022. Fijación biológica de nitrógeno. Plantas y bacterias. En: <https://eos.com/es/blog/fijacion-biologica-de-nitrogeno/>
- FAOSTAT. 2022. FAO Stats data. En: <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Kaufman, P. B., Duke, J. A., Brielmann, H., Boik, J. y Hoyt, J. E. 1997. A comparative survey of leguminous plants as sources of the isoflavones genistein and daidzein: Implications for human nutrition and health. J. Altern. Complement Med. 3 (1): 7-12. DOI: <https://doi.org/10.1089/acm.1997.3.7>
- Kehr, E. y Bastías, M. 2022. Haba. En: <https://planpredial.inia.cl/>
- Kolonel, L. N., Hankin, J. H., Whittemore, A.S., Wu, A.S., Gallagher, R.P., Wilkens, L. R., John, E. M., Howe, G.R., Dreon, D.M., West, D. W. y Paffenbarger Jr., R.S. 2000. Vegetables, fruits, legumes, and prostate cancer: A multiethnic case-control study. Cancer Epidemiol. Biomarkers Prev. 9(8): 795-804.
- MARM. 2009. 18 Abonado de las leguminosas de grano. Guía práctica de la fertilización racional de los cultivos en España. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Parte II: 143-149. En: https://ruralcat.gencat.cat/documents/20181/7816840/01_02_FERTILIZACI%C3%93N%28BAJA%29.pdf/37511a54-f035-4cb4-bba1-d3b4d03f6314
- Mapfre. 2022. Beneficios de las habas para la salud. En: <https://www.salud.mapfre.es/nutricion/alimentos/beneficios-habas-y-composicion-nutricional/>

- Messina, M. y Barnes, S. 1991. The role of soy products in reducing risk of cancer. *J. Natl. Cancer Inst.* 83(8): 541-546. DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/83.8.541>
- Naim, M., Gestetner, B., Zilkah, S., Birk, Y. y Bondi, A. 1974. Soybean isoflavones, characterization, determination, and antifungal activity. *J. Agric. Food Chem.* 22(5): 806-810. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf60195a031>
- ODEPA. 2022. Estadísticas productivas. En: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>
- Perry, L. M. 1980. Medicinal plants of east and southeast Asia. Cambridge, MA: MIT Press. 620 pp. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02858311>
- PUC. 2022. Haba. En: https://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/legumino/haba.htm
- SAG. 2022. Lista de plaguicidas con autorización vigente al 11 de octubre 2022. En: www.sag.cl
- Sepúlveda, P., Tapia, F. y Pina G., M. 1991. Enfermedades del haba [en línea]. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*, Jul-Ago, 66: 8-14. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/26722> (Consultado: 7 diciembre 2022).
- Tapia, F. y Bascur, G. 1992. El haba: un cultivo con proyecciones. 2. Requerimientos climáticos, manejo y costos de producción [en línea]. *Investigación y Progreso Agropecuario La Platina*, Nov-Dic, 73: 33-40. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/34830> (Consultado: 3 diciembre 2022).
- Vavilov, N. I. 1994. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press. 340-344. DOI: <https://doi.org/10.3366/anh.1994.21.1.142a>

Kale

Brassica oleracea convar. acephala var. sabellica

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



Centro de origen y características botánicas

Los orígenes del kale pueden ser encontrados en ecotipos y plantas silvestres que crecen en la península Ibérica y en la región del Mar Negro (Christensen *et al.*, 2011). Al comienzo de la domesticación fueron probablemente seleccionados de los primeros repollos como una planta de hoja. Así, se seleccionaron las plantas de hojas más grandes, para propagación, favorecidas por la conservación y reproducción por los agricultores. Ha sido cultivado por más de 2 mil años en Europa, y fue la hortaliza verde más consumida hasta la Edad Media, cuando el repollo se hizo más popular. En la actualidad, el kale es una hortaliza cultivada globalmente en un amplio rango de latitudes, centrándose en el norte y centro de Europa, y Norteamérica (Neugart *et al.*, 2012). Pertenece a la familia *Brassicaceae*. La planta es bianual, hojas erectas de color verde a azul oscuro verdoso muy rizadas, y peciolo largos (Figura 1). La planta es robusta y puede tolerar heladas (Steindal *et al.*, 2015). Las bajas temperaturas activan los procesos de aclimatación a frío, lo que implica una serie de cambios bioquímicos y fisiológicos, que al final estimulan el buen comportamiento al congelamiento (Levitt, 1980). Por esto, en países fríos es común observar plantas sin cosechar en campo durante el invierno para ser utilizadas como hortaliza fresca durante esa temporada del año.

El kale tiene una estructura floral que consta de cuatro sépalos, cuatro pétalos, seis estambres y un gineceo formado por dos carpelos y un ovario superior (Figura 1). El fruto es una cápsula (siliqua) dividida en dos lóculos por tabique. En condiciones normales de cultivo son plantas bianuales, es decir, las flores se desarrollan en el segundo año. El kale es una planta alógama debido a autoincompatibilidad. Una alteración de las condiciones de crecimiento, por ejemplo, vernalizando plántulas, puede inducir floración prematura (Steindal *et al.*, 2015).



Figura 1. a) Plántula de kale, b) planta desarrollada, c) planta florecida y d) flor de kale

Actualmente, hay variedades mejoradas e híbridos (procedentes del cruzamiento de dos individuos de un mismo género, pero de especies diferentes), dominando el mercado de esta especie, pero muchos cultivares tradicionales han sido estudiados para identificar su potencial. En el programa GORE-INIA Hortalizas para la agroindustria se evaluaron variedades e híbridos en diversos territorios: variedades rizadas verdes como Westlandse Herbst, rizadas moradas como Redbor F1, hoja larga verde oscuro como Nero di Toscana y hojas dentadas con colores morados y verdes como Red Russian (Figura 2).



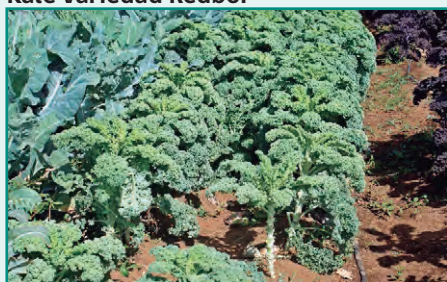
Kale variedad Red Russian



Kale variedad Nero di Toscana



Kale variedad Redbor



Kale variedad Westlandse Herbst



Figura 2. Variedades de kale evaluadas en INIA Carillanca, comuna de Vilcún

Estadísticas productivas nacionales

Al país esta especie se introdujo e inició recientemente como materia prima para jugos y concentrados de exportación, pero ha ido creciendo su cultivo por sus características de valor nutritivo y tolerancia a bajas temperaturas. En la zona central se sembró principalmente para la agroindustria, pero ha sido rápida su expansión a otras regiones como La Araucanía. En esta ha ido teniendo una importancia para los agricultores pequeños, ya que algunos comercializan con supermercados. Desafortunadamente, no hay una estadística de superficie ni de precios, entre otras, por ser una hortaliza muy nueva. En el programa GORE-INIA, 30 agricultores están trabajando con esta especie en sus predios, y se encuentran comercializando pequeñas cantidades de hojas. También se está desarrollando un modelo de negocios con una empresa de agro elaborados de la región.

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y ciclo de desarrollo

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

Aunque tolera algo de falta de humedad y altas temperaturas del aire, estos factores afectan la calidad del producto haciéndolo más amargo y tosco, pero además pueden favorecer la floración de la planta, afectando la calidad. La planta prefiere suelos con alto contenido de materia orgánica, bien drenados y levemente ácidos (pH entre 5,5 y 6,5). La temperatura de suelo requerida para la germinación está entre 13 y $24\text{ }^{\circ}\text{C}$, germinando la semilla después de 5 a 10 días desde la siembra.

Este es un cultivo descrito como netamente de otoño-invierno (trasplante entre enero y mediados de marzo), aunque se puede cultivar en primavera-verano (trasplante entre octubre y enero), de acuerdo a la información existente en la plataforma *planpredial.inia.cl*. La cosecha de hojas se realiza de manera escalonada, entre mayo y mediados de agosto, y entre marzo y junio, respectivamente. En la región el cultivo se ha mostrado con buen desarrollo en plantaciones a inicios de primavera, como también en plantaciones de fines de febrero, lográndose obtener entre tres a cuatro cosechas en la temporada, para finalmente emitir la flor, por lo que, en la Región de La Araucanía, presenta un comportamiento más del tipo bianual.

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

El kale llega a producir entre 300 a 350 semillas por gramo, la semilla no es muy pequeña, pero es esférica como todas las de su familia (Brassicaceae), muy parecida a la de repollo y repollo Bruselas. Se recomienda una densidad de población entre 30 mil y 35 mil plantas por hectárea, con distancias entre hileras de 0,70 a 0,75 m (trasplante a 2,5 plantas por metro lineal). En siembra directa, una cantidad de 4 a 5 kg/ha se usan en la hilera simple. En este sistema, la fecha de siembra debe ser más temprano para favorecer la germinación de la semilla, con mejor temperatura de suelo, antes que comience el enfriamiento y el posterior desarrollo primario de plantas en su establecimiento. En el caso de almácigo, el trasplante se debe hacer con plántulas de al menos 10 cm de altura y con grosor de tallo no menor a 4 mm equivalente aproximadamente al grosor de un lápiz. Además, el cubo de sustrato (cepellón) debe estar bien lleno de raíces, y al sacarlo no debe desprenderse el sustrato o desarmarse el cubo.

Necesidades hídricas

El kale es una planta poco exigente frente a necesidades de agua. El riego debe ser poco frecuente. Sin embargo, en la etapa de almaciguera y las primeras dos semanas después del trasplante, éste no debe sufrir estrés hídrico, por lo cual el riego debe ser más frecuente. Lo importante es mantener una adecuada humedad del sustrato o de suelo, ya que es sensible al déficit hídrico en dicho período. Así, hay que evitar inundar, ya que las raíces podrían sufrir podredumbre. En el cuadro 1 se presenta la demanda bruta de agua por zona agroecológica de la Región de La Araucanía, en diferentes épocas del año de trasplante y cosecha, con un sistema de riego por goteo con cintas de riego, y una eficiencia de 95 %. La metodología utilizada para el cálculo se indica en el Anexo 1.

Cuadro 1. Demanda bruta de agua del cultivo del kale por zona agroecológica en la Región de La Araucanía

Zona agroecológica	Época	Mes trasplante	Inicio cosecha	Demanda Bruta (mm/ha)
Valle central	Primavera-verano	Octubre	Enero	309
		Noviembre	Febrero	312
		Diciembre	Marzo	347
		Enero	Abril	262
	Otoño-invierno	Febrero	Mayo	180
		15 marzo	Junio	88

Precordillera	Primavera-verano	Octubre	Enero	334
		Noviembre	Febrero	336
		Diciembre	Marzo	378
		Enero	Abril	289
	Otoño-invierno	Febrero	Mayo	201
		15 marzo	Junio	107
Secano costero	Primavera-verano	Octubre	15 febrero	406
		Noviembre	16 marzo	463
		Diciembre	15 abril	394
	Otoño-invierno	Enero	Mayo	289
		Febrero	Junio	199
		Marzo	Julio	109
Secano interior	Primavera-verano	Octubre	15 febrero	490
		Noviembre	16 marzo	573
		Diciembre	15 abril	491
	Otoño-invierno	Enero	Mayo	367
		Febrero	Junio	260
		Marzo	Julio	152

Necesidades nutricionales

El cultivo de kale tiene requerimientos nutricionales de nitrógeno (N_2) que fluctúan entre 3,0 y 3,2 kg/t de materia verde cosechada (equivalente a 50-60 kg/ha), mientras que de fósforo (P_2O_5) requiere 0,7 a 0,9 kg/t de materia verde cosechada (equivalente a 14-18 kg/ha). En potasio (K_2O) los requerimientos varían entre 3,0 y 3,1 kg/t de materia verde cosechada (equivalente a 60 a 65 kg/ha). Sin embargo, para lograr alcanzar el potencial productivo se debe considerar la planta completa. Así, la cantidad promedio de nitrógeno, fósforo y potasio que se requiere aplicar es de 280 kg/ha de N, 45 kg/ha P_2O_5 y 220 kg/ha de K_2O , respectivamente. El nitrógeno se recomienda aplicar en cuatro momentos distintos: 1) al inicio del cultivo posterior al trasplante; 2) al inicio de desarrollo; 3) en pleno desarrollo y 4) al final del cultivo al lograr la altura de planta según la variedad. Así, posterior a eso es recomendable aplicar una dosis de 20 kg/ha de N al final de cada cosecha o corte.

Manejo de plagas y enfermedades

En la Región de La Araucanía, el kale se ha visto afectado por ataque de diferentes insectos plaga durante el periodo de primavera-verano. Así, la mayor presencia ha sido el pulgón de las brásicas (*Brevicoryne brassicae*) y la polilla de la col (*Plutella xylostella*). Finalmente, otras plagas no han sido observadas, y tampoco enfermedades de importancia que puedan afectar mayormente el objetivo productivo. En general, en la región, es una especie.

Para el control de pulgones, si su presencia es alta, se inicia usando lambda-cihalotrina (Karate) o tiametoxam/lambda-cihalotrina (Engeo), y después se continúa con dos aplicaciones de Orobor con una frecuencia cada siete días.

Por su parte, Acuña (2008) describe algunas enfermedades reconocidas en Chile para este cultivo, siendo el pariente cercano la col forrajera (berza en otras partes del mundo). Es importante utilizar la rotación de cultivos, para evitar la contaminación y dispersión de estos inóculos de las enfermedades. Finalmente, algunas enfermedades y descripción general se presentan en el cuadro 2 (Acuña, 2008).

Cuadro 2. Principales enfermedades del kale descritas por el SAG en Chile (Acuña, 2008)

FITOPATÓGENO	SÍNTOMAS
<i>Alternaria brassicae</i> mancha de la hoja	Manchas foliares café, redondas, de 1,5–2,5 cm o más de diámetro, a veces con anillos concéntricos y borde amarillento, con perforaciones.
<i>Fusarium</i> sp. <i>Fusarium oxysporum</i> fusariosis	Plantas con amarillamiento y/o necrosis foliar, defoliación más temprana, asociadas a pudrición del cuello y raíces. Decoloración amarilla a café del tejido vascular de base del tallo y raíces.
<i>Macrophomina phaseolina</i> (anam. <i>Sclerotium bataticola</i>) pudrición cenicienta del tallo	Plantas con marchitez, clorosis y defoliación prematura; base del tallo con lesiones como canchales negros, deprimidos y coloración gris por presencia de pequeños microesclerocios lisos y negros.
<i>Peronospora parasitica</i> mildió	Hojas con manchas amarillentas o cloróticas en el haz, luego necróticas y con micelio y esporas blanco grisáceo en el envés.
<i>Phyllosticta brassicae</i> (tel. <i>Mycosphaerella brassicicola</i>) mancha anillada	Manchas foliares café ceniciento, necróticas, 0,2– 2,5 cm de diámetro, bordes irregulares y pequeño halo clorótico, con picnidios negros en el centro. Presencia de pseudotecios globosos y café oscuro, formados como anillos sobre las manchas foliares, en el haz y envés.
<i>Verticillium</i> sp. Verticilosis	Plantas maduras con amarillez foliar intervenal principalmente en hojas más viejas, las que se tornan de color café y mueren. Decoloración negra del tejido vascular (xilema) de tallo y raíces.

En caso de tener que usar químicos para la prevención o control de enfermedades, en el cuadro 3 se muestran algunos ejemplos de los ingredientes activos y productos comerciales aprobados por el SAG para usar en repollo como especie más cercana.

Cuadro 3. Fungicidas e Ingredientes activos (SAG, 2022)

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Mancha anillada	<i>Phyllosticta brassicae</i> (tel. <i>Mycosphaerella brassicicola</i>)	Clorotalonilo	Chlorothalonil 75 WG
Mancha de la hoja	<i>Alternaria brassicae</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Azoxystrobina+Clorotalonilo	Amistar Opti
		Ciprodinilo/Fludioxonilo	Switch 62,5 WG
		Clorotalonilo	Balear 720 SC, Bravo 720, Chlorothalonil 75 WG, Clorotalonil 500 SC, Glider 72 SC, Hortyl 720, Pugil 50 SC
		Difenoconazol	Caldera 250 EC, Dominio 25 EC, Score 250 EC
		Mancozeb	Cadillac 80 WP, Manzate 200, Mancocapac, Mancozeb 80 % PM, Unizeb 80% WP, Vondozeb, Vondozeb 75 WG
		Metalaxilo/Mancozeb	Crater Gold MZ 72, Mancolaxyl, Metalaxil MZ 58 WP
Mildiu	<i>Peronospora parasitica</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Azoxystrobina+Clorotalonilo	Amistar Opti
		Clorhidrato de Propamocarb/ Fenamidona	Consento 450 SC
		Clorotalonilo	Bravo 720, Chlorothalonil 75 WG, Clorotalonil 500 SC, Hortyl 720, Pugil 50 SC
		Mancozeb	Cadillac 80 WP, Manzate 200, Mancocapac, Mancozeb 80 % PM, Unizeb 80 % WP, Vondozeb 75 WG, Vondozeb
		Metalaxilo/Mancozeb	Crater Gold MZ 72, Mancolaxyl, Metalaxil MZ 58 WP
		Propamocarb/Fosetilo-Aluminio	Previcur® Energy 840 SL

Manejo de malezas

Las malezas en los cultivos, incluido el kale, son causantes de grandes pérdidas en rendimiento y calidad del producto. Las malezas reducen el rendimiento de todos los cultivos al competir por absorción de luz, humedad, minerales del suelo y espacio. Sin embargo, no solo causan daños por competencia, sino también por alelopatía y dificultades de desplazamiento de equipos y personas en el potrero. Por otra parte, muchas son hospederas y propician la presencia de plagas y enfermedades.

La aplicación de un sistema de producción integrada es recomendable para su manejo, las malezas deben ser controladas con el mínimo de productos químicos posible. Por lo tanto, una estrategia de manejo que se debe considerar es fomentar la competitividad del cultivo de kale con las malezas presentes, prevención del ingreso y proliferación de malezas, aplicación de tratamientos no químicos al suelo, control mecánico-manual y, como última opción el control químico. Sin embargo, antes de analizar la aplicación de cualquier método de control de malezas, es muy importante conocer la vegetación presente en el potrero, conocer cuáles plantas son potencialmente dañinas para el cultivo de kale y entonces tomar decisiones sobre él o los métodos de control a utilizar.

Las primeras medidas que se deben considerar para hacer control de malezas incluyen:

- **Rotación de cultivos:** alternar diferentes especies con formas de crecimiento y de manejos diversos, permite disminuir las poblaciones de algunas especies de malezas. Por ejemplo, la rotación: a) kale-maíz dulce; b) kale-ají, o c) kale-zanahoria, kale-betarraga.
- **Escape por siembra temprana o tardía:** permite evitar la explosión máxima de algunas especies de malezas, o bien las plantas están grandes y vigorosas. Por lo tanto, pueden competir con estas especies.
- **Variedad:** el uso de variedades vigorosas de crecimiento rápido es recomendable, que tengan buena cobertura de suelo para impedir el paso de luz solar a las malezas que están creciendo sobre la hilera, que son las más difíciles de controlar.
- **Plantines de calidad:** se deben usar plantines vigorosos, con tamaño apropiado de 5 a 7 cm de altura y con 4 a 5 hojas verdaderas, capaces de establecerse rápido en el sitio definitivo y competir con las malezas que se pueden presentar.
- **Densidad de población:** evitar espacios libres sobre hilera, dejando el cultivo bien cerrado, a distancias que pueda crecer bien y producir plantas de kale fácil de cosechar.

- **Riego y fertilización balanceada:** los excesos fomentan la aparición de especies con mejor capacidad de adaptación a alta/baja humedad y mayor eficiencia en absorción de nutrientes como lo son las malezas, sobrevivientes de la naturaleza. El riego presurizado, por cinta o goteo, permite un buen control evitando el ingreso de nuevas semillas de malezas al potrero, a diferencia del riego por surco, que trae semillas en el agua de otros lados y las disemina donde se ha estado limpiando.

El control mecánico se basa en la calidad de las labores de preparación de suelo primario y secundario. Así, si estas labores se realizan con tiempo, permite hacer un control bastante eficiente de malezas de semillas y disminuir las poblaciones de malezas perennes. También, la incorporación de un barbecho químico es una alternativa, con aplicaciones de glifosato semanas después de las labores primarias, de manera de eliminar todas las plantas que vengan de semilla que han subido a la superficie por volteo de suelo y las perennes que empiecen a brotar. El glifosato al ser un herbicida sistémico elimina gran parte de estas plantas perennes.

En cultivos a suelo descubierto, como el kale, escardas entre hileras permiten un buen control y facilitan el riego, además de airear el suelo y aporcar las plantas.

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

Siempre, antes de la aplicación de cualquier producto químico, se debe considerar la dosificación correcta, respetando los rangos entregados por el fabricante. Dosis menores no tendrán un buen control de malezas y las excesivas provocarán daño o muerte del cultivo por fitotoxicidad y un mayor impacto ambiental. Para asegurar la proporción correcta se debe calibrar el equipo de aplicación antes de usarlo.

El cultivo del kale aún no tiene especificaciones en Chile, pero los herbicidas a utilizar se pueden asemejar a los de las hortalizas pertenecientes a la familia *Brassicaceae*, los cuales se presentan en el cuadro 4.

Cuadro 4. N6mina de herbicidas de acuerdo al ingrediente activo, producto comercial y modo de acci3n para el cultivo de hortalizas br6sicas (SAG, 2022)

Ingrediente activo	Producto comercial	Aplicaci3n	Modo de acci3n ¹
Cletodima	Aquiclan 24 EC, Aquiles 24 EC, Centurion 240 EC, Centurion Super, Cletodim 24 EC, Fortaleza 24 % EC, Hazard, Vesuvius	Post emergencia	Sis-Sel-G
Oxadiargilo	Raft 400 SC	Pre-trasplante	SA-R-HA
Oxifluorfenol	Enmark, Galigan 240 EC, Goal 2 EC, Maus, Oxus, Tango 24 EC	Pre-trasplante	C-R-HA-G
Pendimetalina	Drakkar, Herbadox 45 CS, Oriol 400 EC, Pendiclan 33 EC, Spectro 33 EC, Spectro 40 EC	Pre-trasplante incorporado	SA-R-HA-G
Propaquizafop	Agil 100 EC	Post emergencia	Sis-Sel-G
Quizalofop - etilo	Flecha 9.6 EC	Post emergencia	Sis-Sel-G
Quizalofop-p-etilo	Assure Pro	Post emergencia	Sis-Sel-G
Quizalofop-P-tefurilo	Sector-T	Post emergencia	Sis-Sel-G
S-Metolcloro	Dual Gold 960 EC	Pre-trasplante	Sis-R-HA-G
S-Metolcloro+Benoxacor	Partidor 960 EC	Pre-trasplante	Sis-R-HA-G
Tepaloxidima	Aramo	Post emergencia	Sis-R-G
Trifluralina	Treflan, Triflurex 48 EC	Pre-trasplante incorporado	Sis-R-HA-G

¹Sis=Sist6mico; C=Contacto; SA=Suelo Activo; Sel=Selectivo; R=Residual; HA=Hoja Ancha; G=Gramineas.

Indice de cosecha

El kale es una planta donde las hojas se deben cosechar durante un per6odo de tiempo, siendo la hoja fresca y tierna el 6rgano de consumo, la que puede ser consumida como ensalada, en guisos o procesada en la agroindustria (ejemplo: jugo concentrado). Esta planta se puede cosechar de manera escalonada cortando hojas m6s antiguas y dejando que las hojas de renuevo puedan desarrollarse, donde lo importante es no cosechar todas las hojas iniciales, para permitir que la planta logre una altura seg6n las caracter6sticas de su variedad. El 6ndice de cosecha es el tama1o de la hoja y la textura, la cual debe ser suave, no tosca, ni menos cori6cea, tal como se muestra en la figura 3.



Figura 3. Hojas listas para cosecha de dos variedades de kale, a) Nero di Toscana, b) Westlandse Herfst

Poscosecha

El órgano de consumo del kale son las hojas, las que al momento de cosecha están activamente haciendo fotosíntesis y respirando. Por lo tanto, hay una acumulación de energía y, posteriormente, un consumo de energía. También, hay un flujo de agua a través de ellas para ser utilizada en los procesos metabólicos, lo que le da la turgencia necesaria para una presentación apropiada cuando se comercialicen. Cuando se corta la hoja de la planta madre, este flujo se detiene, la hoja sigue transpirando, lo que significa un gasto de energía y deterioro del producto, según el tratamiento que se le dé. Por lo tanto, si es almacenada con menor temperatura que la ambiental, se disminuye la tasa respiratoria y disminuye el deterioro. En el cuadro 5 se muestra cómo es la pérdida de peso del material cosechado después de dos y cuatro horas expuestas a pleno sol y bajo malla de sombra (tipo raschel) en diferentes territorios de La Araucanía. Así, altas diferencias entre ambas situaciones se pueden observar, con una pérdida de peso promedio mayor a 50 % después de 2 y 4 horas, y después de 2 horas una diferencia de 54 % entre exposición al sol y a la sombra. A las 4 horas se repite el mismo porcentaje de disminución de peso.

Cuadro 5. Pérdida de peso (%) de hojas de kale expuestas a pleno sol y bajo sombra (malla tipo raschel) en cuatro localidades de la Región de La Araucanía

Localidad	Variedad	2 horas		4 horas	
		Luz	Sombra	Luz	Sombra
INIA Carillanca	Westlandse Herfst	11,7	5,7	26,4	12,1
	Red Bor F1	14,7	7,0	24,2	12,5
	Nero di Toscana	13,7	9,7	26,1	14,0
	Red Russian	15,0	7,3	26,8	12,9
Maquehue	Westlandse Herfst	11,4	5,2	19,3	11,8
	Red Bor F1	13,2	6,7	18,3	12,5
	Nero di Toscana	15,6	5,2	24,4	10,2
	Red Russian	25,4	6,4	31,3	12,2
Cholchol	Westlandse Herfst	5,7	7,0	16,0	14,0
	Red Bor F1	10,8	5,8	22,5	11,5
	Nero di Toscana	14,0	8,0	25,0	17,0
	Red Russian	8,7	4,0	20,4	8,9
Freire	Westlandse Herfst	20,0	18,5	30,7	24,7
	Red Bor F1	11,0	10,4	28,8	14,8
	Nero di Toscana	22,4	11,1	32,9	17,6
	Red Russian	18,5	7,1	45,7	14,3

En términos prácticos, si se exponen 1.000 kg de hoja de kale a pleno sol después de cosechado por 2 horas, el peso final será de 855 kg; si se deja por 4 horas será de 738 kg. Sin embargo, al ponerlo bajo sombra, a las 2 horas tendrá un peso de 922 kg, o sea 67 kg de diferencia, pero a las 4 horas tendrá un peso de 862 kg, con una diferencia de 124 kg, respecto de las 2 horas. Por otra parte, el deterioro de presentación para el producto en fresco es bastante importante, donde una hoja mustia no sería aceptada por el consumidor (pérdida económica para el agricultor).

Productividad

El kale por ser una hortaliza de hoja, es más sensible al deterioro por cosecha tardía, quedando un producto muy tosco y poco amistoso para consumir. Es por eso que se debe cosechar en el estado oportuno, decidiendo en forma visual el momento de cosecha o calculando cuando está lista para cosecha usando la suma térmica. Para dicho cultivo, en evaluaciones realizadas en las diferentes unidades demostrativas de La Araucanía, se obtuvo un promedio de 1.110 ± 286 grados-día acumulados desde trasplante a cosecha.

Basado en esta información, un análisis de fecha estimada de cosecha se realizó extrapolando resultados a los diferentes territorios de la región. Para esto se estimaron fechas de trasplante en primavera-verano y otoño-invierno, resultados que se presentan en el cuadro 6.

Cuadro 6. Época estimada de cosecha de kale según fecha de trasplante en varios territorios de la Región de La Araucanía, basado en suma térmica

Territorio	Temporada	Inicio trasplante	Época de cosecha	Fin de trasplante	Época de cosecha
Valle central	Primavera-verano				
Temuco		Octubre	2ª quincena enero	Enero	2ª quincena marzo
Maquehue		Octubre	2ª quincena enero	Enero	2ª quincena marzo
Precordillera	Primavera-verano				
Vilcún		Octubre	2ª quincena enero	Enero	1ª quincena abril
Cautín sur	Primavera-verano				
Freire		Octubre	Fines enero	Enero	1ª quincena abril
Secano costero	Primavera-verano				
Tranapunte		Octubre	1ª quincena febrero	Diciembre	2ª quincena marzo
Secano interior	Primavera-verano				
Cholchol		Octubre	2ª quincena enero	Diciembre	1ª quincena marzo
Valle central	Otoño-invierno				
Temuco		Enero	2ª quincena marzo	Marzo	2ª quincena agosto
Maquehue		Enero	2ª quincena marzo	Marzo	2ª quincena agosto
Precordillera	Otoño-invierno				
Vilcún		Enero	1ª quincena abril	Marzo	Mediados octubre
Cautín sur	Otoño-invierno				
Freire		Enero	1ª quincena abril	Marzo	Mediados septiembre
Secano costero	Otoño-invierno				
Tranapunte		Noviembre	1ª quincena marzo	Marzo	1ª quincena septiembre
Secano interior	Otoño-invierno				
Chol Chol		Noviembre	2ª quincena marzo	Marzo	2ª quincena octubre

Rendimiento

En evaluaciones realizadas en el marco del programa GORE-INIA Hortalizas, un rendimiento promedio general de 18 t/ha fue obtenido entre las localidades, donde en Vilcún fue de 18,5 t/ha y en Maquehue 17,4 t/ha. Sin embargo, los componentes de rendimiento analizados como el número promedio de hojas por planta, que fue de 14 hojas, un peso individual de hoja de 39,1 g y una población estimada de 40.000 plantas/ha, se alcanzó un rendimiento potencial de 21 a 23 t/ha, a una humedad de 85 % a cosecha.

Valor nutricional y nutraceutico

Es considerada una de las hortalizas más sana, nutritiva, rica en vitaminas C, K y A, altos niveles de hierro y calcio, y antioxidantes. Tiene 50 Kcal y 2 g de fibra dietética por 100 g de hoja cruda. Los principales azúcares solubles que contiene la hoja de kale son fructosa, glucosa y sacarosa, cidos orgánicos como cítrico y málico (Ayaz *et al.*, 2006). La concentración de azúcares solubles en las hojas se ve afectada por el fotoperiodo y temperatura ambiental. Steindal *et al.* (2015) encontraron que los niveles de azúcares solubles en los tejidos de hoja de kale se incrementaron en respuesta a aclimatación de plantas a bajas temperaturas, probablemente por su tolerancia a frío, incrementando el dulzor de las hojas comestibles.

Al comparar el porcentaje de aminoácidos esenciales presentes en las hojas de kale con los estándares de proteína de la Organización Mundial de la Salud (OMS), según Ayaz *et al.* (2006), solamente lisina presentó un nivel inferior, pero triptófano tuvo 3 veces y valina 1,8 veces superior el nivel indicado por la OMS. Sin embargo, se debe considerar que el contenido de aminoácidos es afectado tanto por la genética del cultivar, como por la fecha de siembra y cosecha (Krezel *et al.*, 1998), pero también por la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y azufre (Eppendorfer y Bille, 1996).

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

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

Referencias

- Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712>
- Ayaz, F. A., Glew, R. H., Millson, M., Huang, H. S., Chuang, L. T., y Hayırlıyoglu-Ayaz, C. S. S. 2006. Nutrient contents of kale (*Brassica oleracea* L. var. *acephala* DC.). Food Chem. 96(4): 572-579. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.03.011>
- Cartea, M. E. y Velasco, P. 2008. Glucosinolates in *Brassica* foods: bioavailability in food and significance for human health. Phytochemistry Reviews. 7(2): 213-229. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11101-007-9072-2>
- Christensen, Sff Jørgensen, R. B. 2011. AFLP analysis of genetic diversity in leafy kale (*Brassica oleracea* L. convar. *acephala* (DC.) Alef.) landraces, cultivars and wild populations in Europe Genet. Resour. Crop Evol. 58(5): 657-666. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-010-9607-z>
- Decoteau, D. R. 2000. Vegetable crops. New Jersey: Prentice-Hall Inc. 446p.
- Eppendorfer, W. H. y Bille, S. W. 1996. Free and total amino acid composition of edible parts of bean, kale, spinach, cauliflower and potatoes as influenced by nitrogen fertilization and phosphorus and potassium deficiency. J. Sci. Food Agric. 71(4): 449-458. DOI: [http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(199608\)71:4<449::AID-JSFA601>3.0.CO;2-N](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(199608)71:4<449::AID-JSFA601>3.0.CO;2-N)
- Gosslau, A. y Chen, K. Y. 2004. Nutraceuticals, apoptosis, and disease prevention. Nutrition. 20(1): 95-102. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2003.09.017>
- Krezel, J., Kolota, E., y Sciazko, D. 1998. Wplyw terminu siewu oraz terminu zbioru na sklad aminokwasowy bialka dwóch odmian jarmuzu. Zeszyty Naukowe AR w Bydgoszczy, z.215, series Rolnictwo. 42: 119-123.
- Kris-Etherton, P. M., Etherton, T. D., Carlson, J., y Gardner, C. 2002. Recent discoveries in inclusive food-based approaches and dietary patterns for reduction in risk for cardiovascular disease. Current Opinion in Lipidology. 13(4): 397-407.
- Levitt, J. 1980. Responses of plants to environmental stresses. New York: Academic Press. 607 pp.
- Neugart, S., Kläring, H., Zietz, M., Schreiner, M., Rohn, S., Kroh, L. W., y Krumbein, A. 2012. The effect of temperature and radiation on flavonol aglycones and flavonol glycosides of kale (*Brassica oleracea* var. *sabellica*). Food Chem. 133(4): 1456-1465. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.034>

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

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

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

Maíz dulce

Zea mays covar. saccharata

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



El maíz dulce pertenece a la familia Poaceae, compuesta por 450 a 530 géneros y casi 5 mil especies, importante en la alimentación humana mundial, ya que además del maíz, pertenecen: el trigo, arroz, avena, triticale y centeno. El maíz es muy utilizado para consumo fresco, principalmente, por la agroindustria en granos congelados o enlatados.

Centro de origen y características botánicas

La especie *Zea mays* L., es originaria de Mesoamérica, hoy Guatemala y parte de México, y fue domesticada por las tribus originarias de la región (Bartolini, 1990).

El maíz dulce se generó a partir de una mutación en la raza peruana de maíz llamada Chulpi (Brown y otros, 1985), la que fue cruzada con maíz Reventador (Popcorn) para generar Ducillo del Noroeste en esa zona de México (Wellhausen *et al.*, 1952). A partir de este tipo, el gen *su1* fue introgresado en razas del norte, incluyendo los tipos Northern Flint, el progenitor de los maíces dulces comerciales modernos (Revilla y Tracy, 1995).

El maíz dulce difiere del maíz común por una mutación que causa en los granos una acumulación de azúcares dos veces mayor y mucho menos almidón. El maíz dulce común tiene un gen estándar llamado *sugary 1 (su1)*, (Dinges *et al.*, 2001), lo que previene o retarda la conversión normal de azúcar en almidón durante su desarrollo, acumulando el polisacárido soluble en agua "fitoglicógeno" en lugar de almidón (Brown *et al.*, 1985). Este además de dulzor, entrega suavidad de textura, y produce que el grano seco sea arrugado y vidrioso (Marshall y Tracy, 2003).

El maíz dulce es anual, de tipo C4, con capacidad de utilizar el carbono de manera eficiente, facilitando su crecimiento y desarrollo. La planta tiene gran desarrollo vegetativo, con un abundante y profundo arraigamiento. Tiene raíces fasciculadas, de tres tipos: seminales, permanentes y adventicias. El tallo es erecto, hojas alternas, abrazadoras, largas y con nervadura paralela. Son plantas monoicas, con inflorescencias masculinas en panículas de posición terminal e inflorescencias femeninas que darán posteriormente lugar a la mazorca o panoja, envuelta por brácteas e inserta al tallo principal por un raquis (Maroto, 2017).

La inflorescencia masculina presenta una "panoja" amarilla con 20 a 25 millones de granos. En cada florecilla de la panícula hay tres estambres donde se desarrolla el polen (Figura 1). Las mazorcas se localizan en las yemas axilares de las hojas; son espigas cilíndricas, formadas por un raquis central donde se insertan las espiguillas por pares, cada espiguilla con una flor fértil y otra abortiva, paralelas, con un ovario único con un pedicelo unido al raquis, un estilo muy largo ("pelo"), donde germina el polen (Figura 2). Fecundado el ovario se forma en la mazorca el grano o fruto independiente llamado cariósipide, insertado en el raquis cilíndrico; la cantidad de grano producido por mazorca está limitada por el número de granos por hilera y de hileras por mazorca.



Figura 1. Evolución de panoja desde a) aparición b) antesis y c) dehiscencia



Figura 2. Evolución de la mazorca desde a) aparición a d) madurez

Estadísticas productivas regionales

El maíz dulce junto con el maíz choclero es considerado una hortaliza y no un cereal, debido a la forma de consumo. Es la hortaliza más importante en superficie sembrada a nivel nacional, con 10.320 hectáreas promedio de los últimos 10 años, seguido por lechuga con 6.750 hectáreas y tomate fresco con 5.140 hectáreas. En las estadísticas hortícolas de ODEPA están juntos maíz choclero y dulce, el choclero es importante en la zona central, se estima que maíz dulce tiene alrededor de 4 mil hectáreas anuales, importante para la

zona sur, aunque para la agroindustria, la mayor concentración de siembra está en la zona central, cerca de las industrias.

La distribución regional se muestra en el cuadro 1 (ODEPA, 2022), donde la Región Metropolitana es la principal productora, seguida por El Maule y O'Higgins, acumulando 50,2 % de la superficie entre ellas. La Región de La Araucanía representa solo el 0,9 % de la producción con 93 hectáreas en la última temporada, pero en la figura 3 se puede observar la tendencia de la siembra en los últimos años.

Cuadro 1. Superficie y distribución regional de maíz choclero y dulce, temporada 2021

Región	Superficie	Porcentaje (%)
	(ha)	
Arica y Parinacota	901,9	8,2%
Atacama	31,4	0,3%
Coquimbo	717,0	6,6%
Valparaíso	865,0	7,9%
Metropolitana	3.406,2	31,2%
O'Higgins	1.485,1	13,6%
Maule	1.786,7	16,3%
Ñuble	591,4	5,4%
Biobío	718,5	6,6%
La Araucanía	93,3	0,9%
Resto del país	337,7	3,1%
Total	10.934,2	100%

Fuente: ODEPA 2021.

En los últimos nueve años, el promedio en la región ha sido de 121,3 hectáreas anuales de maíz dulce, con un máximo de 195,6 hectáreas en la temporada 2019/2020.

En cuanto a comercialización y precios, existe información de ODEPA en La Vega o Feria Pinto a través del país. En La Araucanía, el mayor volumen se vende en marzo, cuando hay buenos precios, con volúmenes no muy elevados, ya que representan 10-15 hectáreas cosechadas, lo que supone otros mercados no reportados (supermercados y otros).

Los precios promedio han incrementado cada temporada, desde \$128 la unidad en 2019, a \$130 en 2020 y \$157 en 2021, así como la oferta en estos mercados desde 182.500 unidades en 2019, a 549.500 en 2020, hasta 583.300 unidades en 2021.

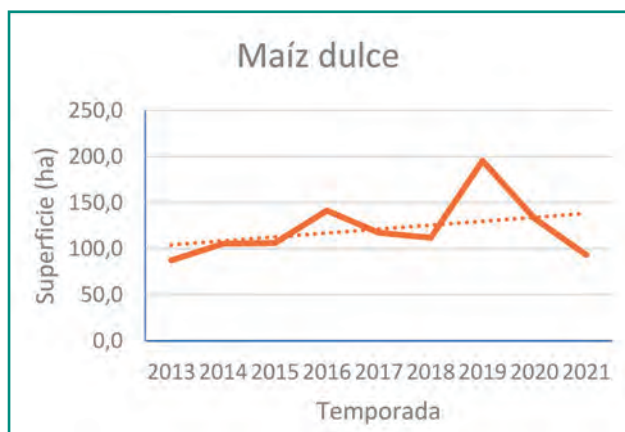


Figura 3. Comportamiento y tendencia de la superficie sembrada con maíz dulce en la Región de La Araucanía en los últimos 9 años. ODEPA, 2022

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y ciclo de desarrollo

Es una especie de día corto, la inducción floral ocurre con menos de 10 horas luz, tolerando días largos con 12 a 14 horas de luz (Maroto, 2017). Requiere temperatura del suelo de 15 y 20 °C para germinar; menores o hasta 12 °C afectan la germinación, al igual que mayores a 28 °C. Una vez ocurrida la germinación, una baja en la temperatura del suelo no afecta el desarrollo de la plántula.

En desarrollo soporta hasta 8°C, y el óptimo para crecimiento es 25-30 °C, temperaturas muy altas pueden provocar mala absorción de nutrientes y agua. Temperaturas mayores a 35 °C en floración (antesis), afectan la viabilidad del polen. Alta temperatura afecta la fecundación y formación de grano, sumado a falta de humedad de suelo, y un pH óptimo de 5,6-6,5.

La época de siembra depende de las heladas, ya que causan daños severos al follaje y dependiendo de la intensidad pueden dañar hasta el punto de crecimiento. En el cuadro 2 se presentan las fechas de siembra recomendadas para La Araucanía (Kehr y Bastías, 2016).

Cuadro 2. Épocas de siembra de maíz dulce en los diferentes territorios de La Araucanía

Zona agroecológica	Inicio	Fin
Secano interior	01 octubre	30 octubre
Valle central	01 octubre	30 noviembre
Precordillera	01 octubre	30 noviembre

Igualmente, el historial de heladas del sector donde se va a sembrar se debe analizar y decidir el retraso de la siembra si es necesario. El agricultor debe seleccionar un híbrido apropiado para su zona y objetivo de producción, ya sea para producción temprana, normal o tardía, consumo fresco o agroindustria (Saavedra, 2015).

Desde La Araucanía hasta Los Lagos, la siembra de maíz dulce se recomienda para noviembre, usando solamente variedades precoces e intermedias (Saavedra, 2015), que alcanzan madurez de cosecha temprana a 70–80 días, intermedias de 85–90 días y tardías de 95–110 días. La suma térmica desde siembra a cosecha va entre 900 a 950 grados días, variando de acuerdo a la precocidad. Las etapas de crecimiento del maíz dulce se muestran en el cuadro 3 (Abendroth *et al.*, 2011) y figura 4, en la que se puede identificar el estado de madurez de cosecha del maíz dulce, que está entre R3 y R4.

Cuadro 3. Etapas de crecimiento del maíz dulce

ETAPAS DE CRECIMIENTO DE MAÍZ DULCE		
Etapa		Nombre común
Vegetativa	VE	Emergencia
	V1	Primera hoja
	V2	Segunda hoja
	V3	Tercera hoja
	Vn	Enésima hoja
	VT	Aparición de panoja
Reproductiva	R1	Aparición de estigmas
	R2	Formación de grano
	R3	Grano lechoso

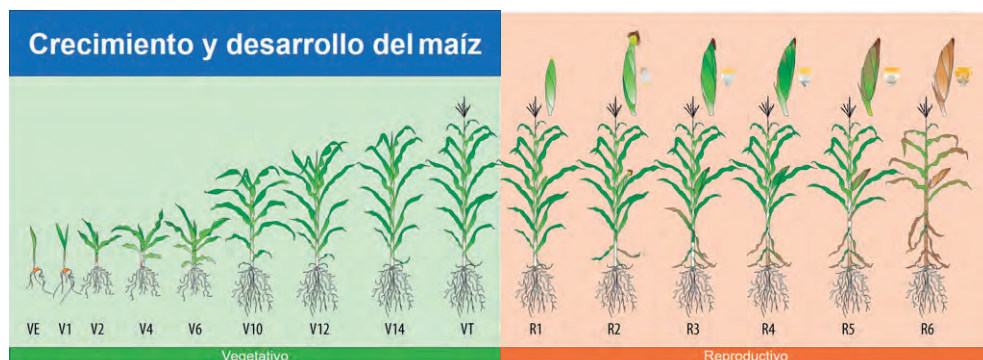


Figura 4. Estados de crecimiento y desarrollo del maíz. (Ciampitti *et al.*, 2016)

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

En el cultivo del maíz dulce se recomiendan poblaciones altas (70 mil–80 mil plantas por hectárea). Es decir, una distancia sobre hilera de 0,18 y 0,17 m para distancias entre hilera de 0,70 y 0,75 m, respectivamente. Este resultado obliga, según la distancia entre hileras, a usar entre 56 y 59 semillas por cada 10 m recorridos de la máquina sembradora.

Necesidades hídricas

En floración y período inicial del desarrollo del grano del cultivo no puede faltar el agua, para evitar una reducción drástica de rendimiento. También ocurre una floración no sincronizada, donde el pistilo emerge después que el polen ha sido liberado.

La demanda bruta de agua por mes de siembra se presenta en el cuadro 4. La metodología utilizada para el cálculo se indica en el Anexo 1.

Cuadro 4. Demanda bruta de agua (mm/ha) según mes de siembra por zona agroecológica de la Región de La Araucanía

Zona agroecológica	Mes siembra	Inicio cosecha	Demanda bruta (mm/ha)
Secano interior	Octubre	Enero	695
	Noviembre	15 febrero	695
Valle central	15 noviembre	Febrero	595
	30 noviembre	15 febrero	668
Precordillera	15 noviembre	Febrero	668

Necesidades nutricionales

El maíz tiene gran capacidad de absorción de nutrientes y requiere de una fertilización alta, sobre todo en nitrógeno (Ciampitti y García, 2007). Para ello, es importante realizar un diagnóstico de las necesidades del cultivo conociendo los aportes del suelo en nutrientes esenciales.

Una parte importante del nitrógeno y del fósforo (60 %) se concentra en el grano, mientras que el grueso del potasio (79 %) queda en hojas, cañas, corontas y raíces, que pueden ser devueltas al terreno por reciclado de nutrientes por incorporación de rastrojos. El maíz dulce presenta plantas más pequeñas, precoces, por lo que acumulan menor cantidad de materia seca, tienen menor demanda y extracción de nutrientes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Extracción total de nutrientes por maíz dulce por tonelada de mazorcas producidas (Ciampitti y García, 2007)

Nutriente	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Azufre (S)	Calcio (Ca)	Magnesio (Mg)
Extracción kg/t	8,4	0,9	11,5	0,8	1,4	0,9

Manejo de enfermedades

En Chile, los daños por hongos son los más frecuentes y perjudiciales. Sin embargo, en la actualidad se debe considerar el daño potencial de virus. Una de las enfermedades fungosas de mayor importancia en maíz dulce es el carbón común y de la panoja. En el cuadro 6 se muestran las enfermedades del maíz dulce presentes en Chile (Acuña, 2008).

Cuadro 6. Listado de enfermedades reconocidas por el SAG en Chile para el cultivo del maíz dulce (Acuña, 2008)

FITOPATÓGENO	SÍNTOMAS
<i>Alternaria sp., Aspergillus spp., Fusarium sp., Mucor sp., Penicillium sp., Rhizopus sp., Trichoderma sp.</i> pudrición de semilla y moho en grano	Pudrición de semillas en almacenaje o pudrición de granos en mazorcas o almacenaje, con desarrollo de micelio y conidias de diferentes colores, según el agente causal.
<i>Cephalosporium maydis, Fusarium oxysporum, F. solani</i> pudrición del tallo y raíces, marchitez	Marchitez rápida y seca foliar. Tallos con parte basal seca, deprimida y ahuecada; decoloración interna del sistema vascular. Pudrición radicular con leve decoloración café a negro, hasta pudrición total de las raíces; también se aíslan en plantas asintomáticas.

FITOPATÓGENO	SÍNTOMAS
<p><i>Fusarium moniliforme</i> (sin. <i>F. verticilloides</i>) fusariosis, pudrición de la mazorca pudrición del tallo</p>	<p>Amarillez, secamiento prematuro y tendadura de . Pudrición de entrenudos basales y raíces, con enrojecimiento del interior del tallo. Mazorcas con micelio blanco-rosado, asociado a daños por insectos, en granos o en grupos.</p>
<p><i>Fusarium graminearum</i> fusariosis</p>	<p>Pudrición basal de plantas, con oscurecimiento del tejido vascular; pudrición y desarrollo de micelio rosado a café rojizo en los granos de la punta de la mazorca.</p>
<p><i>Fusarium culmorum</i>, <i>F. spp.</i>, <i>F. verticilloides</i>, <i>Helminthosporium pedicellatum</i>, <i>Pythium spp.</i> <i>Rhizoctonia sp.</i> caída, pudrición de semilla</p>	<p>Pudrición de semillas y caída de plántulas, en pre y post-emergencia, con marchitez, clorosis y estrangulamiento basal del tallo y tendadura.</p>
<p><i>Helminthosporium pedicellatum</i> <i>H. sp.</i> tizón de la hoja, marchitez</p>	<p>Hojas con manchas alargadas u ovaladas, necróticas, dispuestas como rayas verdes claro a amarillento a lo largo de las venas, luego de color verde grisáceo a café claro. Marchitez foliar asociada a necrosis y pudrición de raicillas.</p>
<p><i>Macrophomina phaseolina</i> (anam. <i>Sclerotium bataticola</i>) pudrición cenicienta del tallo</p>	<p>Plantas con marchitez, clorosis y defoliación prematura, asociada a lesiones en la base del tallo de coloración gris por presencia de microesclerocios o picnidios negros sobre y dentro del tallo.</p>
<p><i>Puccinia sorghi</i> (sin. <i>P. maydis</i>) roya común</p>	<p>Pequeñas pústulas (uredosoros) anaranjado rojizas, pulverulentas, ovals a elongadas, en ambas caras de la hoja. Pústulas negras, visibles a fines del verano, que rompen la epidermis foliar.</p>
<p><i>Sclerophthora macrospora</i> mildiú o punta loca</p>	<p>Inflorescencias masculinas reemplazadas por proliferaciones foliares. Mazorcas múltiples, pequeñas y estériles. Enrollamiento y encrespamiento de hojas, con listado clorótico y a veces micelio gris veloso en el envés.</p>
<p><i>Sclerotium rolfsii</i> pudrición radicular, pudrición blanca</p>	<p>Amarillez y marchitez del follaje, con defoliación. Pudrición blanda del cuello y raíces, con desarrollo de micelio blanco algodonoso y esclerocios pequeños, lisos, redondos, de 2 - 2,5 mm diámetro, color blanco, luego café o negro.</p>
<p><i>Sphacelotheca reiliana</i> carbón de la panoja</p>	<p>Panojas deformes, con proliferaciones foliares (filodia); masas negras y carbonosas en inflorescencias, con membrana gris y delgada que se rompe y expone masas pulverulentas de esporas café oscuro (teliosporas). Mazorcas pequeñas, múltiples, también con masas carbonosas y filodia. Enanismo y aumento del macollaje.</p>

FITOPATÓGENO	SÍNTOMAS
<i>Ustilago maydis</i> (sin. <i>U. Zeae</i>) carbón común	Presencia de agallas grandes, preferentemente en mazorcas, cubiertas de membrana grisácea y delgada que no se rompe, que contienen masas negras y pulverulentas de esporas. Formación de agallas semejantes en las panojas. Presencia de pequeñas agallas en hojas y tallos.
Maize dwarf mosaic virus (MDMV) Virus del mosaico enanizante del maíz	Mosaico y moteado foliar clorótico, estrías cloróticas o amarillentas y angostas, de 0,5 - 1 mm, a lo largo de las nervaduras de hojas más nuevas. Acortamiento de internudos superiores. Ausencia o menor tamaño de las mazorcas. Enanismo de las plantas.

Carbón Común del Maíz (*Ustilago maydis* (DC) Corda.). Puede presentarse en cualquier etapa de desarrollo, con tumores o agallas, en raíces adventicias, cañas, nudos, nervaduras de hojas, panojas y mazorcas. Están cubiertos por una membrana blanco-grisácea que, al desgarrarse, deja escapar las esporas del hongo (Figura 5), que invernan en residuos vegetales, y en el suelo pueden llegar a infestar a otras plantas en la temporada siguiente (Sepúlveda, 2014), atacando preferentemente a plantas jóvenes, suculentas y en rápido crecimiento, en suelos ricos en nitrógeno y materia orgánica.



Figura 5. Síntomas de carbón común del maíz **Figura 6. Síntomas de carbón de la panoja**

Carbón de la Panoja (*Sphacelotheca reiliana* (Kühn) Clint). Se puede manifestar en la panoja o en la mazorca, produce agallas que contienen un gran número de clamidosporas, esta infección es por dentro de la planta, y la sucesión de infecciones locales no ocurren en la misma. La infección en la panoja (Figura 6), se manifiesta como una masa de esporas negras en una espiguilla o en toda la panoja. En la mazorca, las infectadas son pequeñas, de forma caída y sin evidencia de una coronta o granos dentro (Sepúlveda, 2014). Es conveniente arrancar y quemar las plantas antes de la dehiscencia de los tumores, para evitar la propagación de las esporas. (Sepúlveda, 2014).

Mosaic Dwarf Maize Virus (MDMV): presente en Chile, principalmente ataca maíz dulce, transmitida por pulgones, y mecánicamente por contacto entre semillas. Las plantas enfermas presentan moteados foliares cloróticos y en ataques severos se observa enanismo (Figura 7). El uso de variedades resistentes ayuda a evitar este virus, y el uso de semilla de procedencia conocida, sin infección.



Figura 7. Síntomas de Mosaic Dwarf Maize Virus (MDMV) en maíz dulce

En el cuadro 7 se muestran los principales productos aprobados y recomendados por el SAG para protección de las enfermedades del maíz dulce.

Cuadro 7. Productos comerciales e ingredientes activos aprobados por el SAG para el control de enfermedades del maíz dulce

Enfermedad	Ingrediente activo	Nombre comercial	Dosis
<i>Ustilago maydis</i> (sin. <i>U. zeae</i>) Carbón común	Triticonazol	Real 200 SC	600 cc/100 kg de semilla
	Tebuconazol	Tacora 25 EW, T-Buzol 25 WP	24 g/100 kg de semilla
<i>Sphacelotheca reiliana</i> Carbón de la panoja	Flutriafol	Atout 10	10 kg/ha
	Tebuconazol	Chambel 6 FS	90 cc/100 L de agua
		Raxil 060 FS	100 cc/100 L de agua
		Seedcover	50 cc/100 kg de semilla
		Sparkseed	50 cc/100 kg de semilla
		T-Buzol 25 WP	24 g/100 kg de semilla
	Tacora 25 EW	24 g/100 kg de semilla	
Triticonazol	Real 200 SC, Reflex 200 FS	600 cc/100 kg de semilla	
Sedaxano	Vibrance	150 cc/100 kg de semilla	
<i>Fusarium graminearum</i> Fusariosis	Tiabendazol + Azoxistrobina + Fludioxonil + Metalaxilo-M	Celest Quattro Semillero	0,2 cc/1.000 semillas
<i>Fusarium moniliforme</i> (sin. <i>F. verticilloides</i>) Pudrición del tallo	Tiabendazol + Azoxistrobina + Fludioxonil + Metalaxilo-M	Celest Quattro Semillero	0,2 cc/1.000 semillas
<i>Alternaria alternata</i> , <i>Aspergillus spp.</i> , <i>Fusarium spp.</i> , <i>Penicillium spp.</i> , <i>Pythium spp.</i> , <i>Rhizoctonia spp.</i> Pudrición de semilla	Fludioxonilo/ Metalaxil-M	Celest XL 035 FS, Celest XL 035 FS Colourless	100 cc/100 kg de semilla
<i>Puccinia maydis</i> Roya	Ciproconazol	Alto 100 SL	0,6 L/ha
	Azoxistrobina/ Ciproconazol	Planet Xtra, Priori Xtra	0,6 L/ha
	Propiconazol	Propiconazol 250 EC, Propizol 25 EC	0,5 L/ha
<i>Helminthosporium sp.</i> Tizón de la hoja	Propiconazol	Propizol 25 EC	0,5 L/ha

Manejo de plagas

Gusanos cortadores, larvas de numerosas especies de mariposas (géneros *Agrotis* y *Feltia*), que cortan las plantas en el cuello, con ataques más intensos después de pradera de leguminosas; en suelos pesados o con una densa población de malezas. El control preventivo conviene sólo en caso de detectar abundancia de gusanos al preparar el suelo, o cuando el maíz sucede a una pradera, con aplicaciones de productos al suelo antes o durante la siembra, incorporados (Cuadro 8). El control curativo se justifica con 2 % de plantas cortadas, con insecticidas recomendados, dirigidos a la base de la planta en una franja de no más de 20 cm de ancho. (Estay, 2015).

Gusano del choclo (*Helicoverpa zea*), común en maíz dulce, anteriormente conocida como *Heliothis zea*. Causa daño severo a las mazorcas, consumiendo granos tiernos del ápice y deteriorándola. Los adultos ovipositan 500 a 3000 huevos sobre los pistilos y potencialmente pueden infestar a un número igual de mazorcas; ocasionando un fuerte daño. Después de 2-10 días, nacen larvas que se alimentan de los pistilos, entran a la mazorca, y se alimentan por el resto de su vida larval. Poblaciones de *Helicoverpa zea* que pasan el invierno en el suelo se pueden reducir bastante arando en el otoño o en la primavera. El control químico, con aplicaciones desde la aparición de pelo es recomendable como preventivo en toda la zona productora. Programas de control se deben aplicar con diferentes ingredientes activos, pero teniendo en cuenta el período de carencia del producto para no tener problemas a la cosecha.

Trips, pulgones y otros son plagas de importancia secundaria. Se presentan ocasionalmente, pero en el caso de pulgones necesitan ser controlados en los primeros estados de desarrollo de la planta por la transmisión de virosis, especialmente Maize Dwarf Mosaic Virus (MDMV) que ataca fuertemente a maíz dulce. En general, los pulgones tienen bastantes enemigos naturales, por lo tanto, se debe observar su presencia y cantidad de infestación para tomar la decisión de aplicar productos químicos. También, al aplicar aficidas (Cuadro 8), se debe considerar el período de carencia del producto, respecto a la fecha de cosecha del choclo.

Las especies más comunes que se encuentran en el cultivo de maíz dulce son:

- Pulgón amarillo de los cereales (*Metopolophium dirhodum*)
- Pulgón de la papa (*Macrosiphum euphorbiae*)
- Pulgón de la hoja del maíz (*Rophalosiphum maidis*)
- Pulgón verde del duraznero (*Myzus persicae*)

Cuadro 8. Ingredientes activos, nombres comerciales y acción de insecticidas para maíz dulce aprobados por el SAG

Ingrediente Activo	Nombre Comercial	Acción*
Acefato	Orthene 75 SP, Orthene 80 ST	GC, GCh, P
Alfacipermetrina	Mageos, Alfamax 10 EC,	GC, GCh, P
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Dipel WG, Javelin WG, Delfin WG	GCh
Beta-ciflutrina	Predector125 SC, Bulldock 125 SC	GC, GCh, P
Carbarilo	Carbaryl 85 %WP, Carbaryl 85 WP, Sevin XLR Plus 480 SC, Carbaryl S 85, Carbaryl 480 SC	GCh
Diazinon	Diazinon 600 EC	GC
Espinosad	Entrust	GCh
Imidacloprid + Deltametrina	Muralla Delta 190 OD	GCh, P
Lambda-Cihalotrina	Karate con Tecnología Zeon, Karate con Tecnología Zeon 050 CS, Knockout, Ninja, Invicto 50 SC, Lambda Cihalotrina 50 EC	GC, GCh
Novaluron	Pedestal, Rimon 10 EC	GCh
Permetrina	Pounce, Permetrina 50 CE, Rayo 50 EC	GCh
Pirimicarb	Pirimor, Paton 50 WP	P
Profenofos	Selecron 720 EC	GCh
Teflutrina	Force 3 GR	GC
Thiametoxam	Cruiser 70 WG, Actara 25 WG, Cruiser 350 FS, Majestic	GC, P
Thiametoxam + Lambdacihalotrina	Engeo 247 SC, Orbita SC	GC, GCh, P

*GC = Gusanos cortadores y barrenadores; GCh = Gusano del Choclo; P = Pulgones

Manejo de malezas

El control químico de malezas tiene una tendencia actual a disminuir el uso de agroquímicos, lo que ha impulsado la incorporación de técnicas de manejo cultural y mecánico integrándolas al control químico para hacer una agricultura más sustentable. Los **daños directos** de las malezas se relacionan con la competencia con el cultivo por espacio, luz, agua y nutrientes, debido a que muchas de ellas tienen tasas de crecimiento altas o más altas que el maíz dulce (Blanco y Saavedra, 2014). Los **daños indirectos** tienen que ver con la dificultad para la preparación de suelos y labores de cosecha, y el aumento de riesgo por plagas y enfermedades como hospederas. Se debe considerar la rotación de cultivos y el control integrado que cubre con más eficiencia al cultivo contra malezas, especialmente en los primeros estados de desarrollo. El período crítico de competencia es hasta cuando la planta alcanza 25 a 30 cm de altura y comienza la etapa de encañado. (Blanco y Saavedra, 2014)

La fecha de siembra influye en la habilidad competitiva del cultivo, ya que plantas que emergen primero en el campo compiten mejor que las emergidas más tarde. Para esto se debe conocer bien las malezas presentes para adelantarse a su emergencia y que el maíz esté fuerte y establecido cuando aparezcan masivamente, además que ello permite hacer controles mecánicos o químicos más selectivos. El control mecánico comienza con la preparación primaria de suelos, que comprende el uso de arados, tanto de inversión (discos y vertedera) como de roturación (cincel). El uso de arados de inversión de suelo, los cuales entierran las malezas superficiales, pero traen a la superficie las semillas del banco (Blanco y Saavedra, 2014).

El control químico es muy importante para controlar varias especies predominantes donde se cultiva maíz dulce, estos ingredientes activos tienen diferentes modos de acción y momento de aplicación, tal como se muestra en el cuadro 9.

Cuadro 9. Listado de ingredientes activos de herbicidas autorizados por el SAG (2022) para el uso en maíz dulce

Ingrediente activo	Producto comercial	Aplicación*
Atrazina	Atranex 50 % SC, Atranex 90 WG, Atrazina 500 SC, Atrazina 90 WG, Genius, Gesaprim 90 WG, Trac 50 FL	PSI-PRE-POST
Atrazina + S-metolacloro	Primagram Gold 660 SC	PSI-PRE-POST
Acetocloro	Degree, Taxco 840 EC	PSI-PRE-POST
Bentazona-Sodio	Basagran, Bentax 48 SL, Bentaclan 48 SL	POST
2,4-D-Dimetilamonio	DMA - 6, 2,4-D 480, 2,4-D Amina 480, Arco 2,4-D 480 SL, Navajo, Relik	POST
MCPA-Dimetilamonio	U 46 M-Fluid 780	POST
MCPA-Sodio	Raptor	POST
Halosulfuron-metil	Semprea WG	POST
Mesotriona	Callisto 480 SC, Montero 48 WP	POST
Mesotriona / S-Metolacloro / Benoxacor	Camix	PRE -POST
Nicosulfuron	Accent, Furor 75 WP, Furor 75 DF, Tucson	POST
S-metolacloro	Dual Gold 960 EC, Partidor 960 EC	PSI-PRE-POST
Topramezona	Convey	POST
Tritosulfuron + Dicamba-Sodio	Arrat	POST

*PSI = Pre siembra incorporado; PRE = Pre-emergencia; POST = Post-emergencia

Índice de cosecha

El índice de cosecha en maíz dulce es la desecación de las sedas o pelos y los granos siguen inmaduros. Las hojas de envoltura o chalas aún siguen apretadas y tienen un buen aspecto verde. La mazorca se encuentra firme y turgente (Figura 8). Los granos están hinchados en un estado lechoso y no pastoso (Saavedra, 2015). Los granos de maíz dulce tienen, en esta instancia, un contenido de agua de 70-75 %, mientras que los granos de maíz súper dulce tienen un contenido de agua de 77-78 %.



Figura 8. Mazorcas de maíz dulce en estado óptimo de cosecha

El momento oportuno de cosecha es fundamental para obtener un producto de calidad para llegar al mercado fresco o agroindustrial, que se puede determinar de manera visual o bien llevando la suma térmica del cultivo. En la Región de La Araucanía, dentro del marco del proyecto GORE-INIA hortalizas, desde siembra a cosecha se midió la suma térmica en cinco territorios donde hubo unidades demostrativas de especies hortícolas agroindustriales, en promedio este valor dio 697 ± 76 grados días acumulados. Con esta información se extrapolaron para cada territorio y se obtuvo una estimación de fechas de cosecha, según fecha de siembra, desde la primera fecha posible hasta la última. Estos resultados se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Épocas de cosecha de maíz dulce según fecha de siembra y grados-días acumulados para seis territorios de la Región de La Araucanía

Territorio	Siembra	Cosecha	Siembra	Cosecha
Secano Interior: Chol Chol	1 octubre	Última semana febrero	30 noviembre	Mediados de marzo
Valle central: Temuco	1 octubre	1ª semana marzo	30 noviembre	Mediados de marzo
Valle central: Maquehue	1 octubre	2ª quincena febrero	30 noviembre	3ª semana de marzo
Precordillera: Vilcún	1 noviembre	2ª quincena marzo	15 noviembre	Última semana de marzo
Cautín Sur: Freire	1 noviembre	Mediados de marzo	15 noviembre	Última semana de marzo
Malleco Sur: Angol/Renaico	1 octubre	2ª semana enero	30 noviembre	2ª semana febrero

Rendimiento

El mercado de consumo en fresco usa las unidades (mazorcas), pero para la agroindustria se considera el peso. El rendimiento esperado fluctúa entre 20 a 30 t/ha con mazorca completa, pero sin hojas envolventes o "chalias" es de aproximadamente 15 a 22 t/ha.

En una evaluación realizada en INIA Carillanca en la temporada 2020/2021, en parcelas demostrativas, dentro del marco del programa GORE Hortalizas, ejecutadas en Vilcún y Maquehue, se obtuvieron rendimientos de 32,2 y 34,7 t/ha en promedio, respectivamente, siendo T-5005 la de mayor rendimiento en Vilcún con 36,9 t/ha y Kandy con 39,6 t/ha, junto con Jubilee (38,9 t/ha) en Maquehue. Todos los híbridos evaluados en ambas localidades tuvieron rendimiento superior a las 30 t/ha. La temporada anterior, con siembra muy tardía, se obtuvo un rendimiento promedio de 20 t/ha, siendo Maquehue con el híbrido Jubilee con 35 t/ha el más alto en rendimiento.

Estos resultados muestran un potencial productivo del maíz dulce en la región, que va acompañado de muy buena calidad de mazorca basado en altos contenidos de azúcares y materia seca del grano.

Poscosecha

El maíz dulce posee buena conservación en poscosecha, debido a la protección de las hojas envoltentes que retardan la deshidratación, siendo mejor mantener una cadena de frío entre 4 y 6 °C hasta que sean despachadas a su destino final.

Simulando la condición de campo, en una evaluación realizada por INIA Carillanca, dentro del marco del proyecto GORE Hortalizas, se midió la pérdida de peso de mazorcas expuestas por dos y cuatro horas al sol directo y a la sombra (malla raschel negra), los resultados se muestran en el cuadro 11.

Cuadro 11. Pérdida de peso (%) de maíz dulce dispuesto a pleno sol y bajo malla raschel en cinco localidades en La Araucanía

Localidad	Variedad	2 horas		4 horas	
		Sol	Sombra	Sol	Sombra
INIA Carillanca	Kandy	0,4	0,4	1,1	1,3
	T 5005	0,7	1,8	1,3	1,0
	Cacique	0,5	0,7	1,7	2,1
	Butter 600	0,3	0,0	1,0	0,5
	Jubilee	0,0	0,0	0,6	0,5
Maquehue	Kandy	5,6	1,2	16,9	3,3
	T 5005	3,8	3,5	8,0	4,7
	Cacique	5,1	2,7	8,9	4,1
	Butter 600	3,3	0,8	6,7	1,6
	Jubilee	4,3	1,4	7,8	2,9
Renaico	Kandy	2,6	2,3	3,9	5,4
	T 5005	1,0	0,5	3,8	1,1
	Cacique	0,7	0,5	1,4	4,7
	Butter 600	0,6	0,6	1,7	6,0
	Jubilee	0,9	1,5	2,7	8,2
Cholchol	Kandy	4,3	0,0	7,5	4,8
	T 5005	5,6	1,8	9,3	3,5
	Cacique	5,8	1,9	9,2	3,7
	Butter 600	4,8	2,9	9,6	5,9
	Jubilee	3,4	7,0	10,2	-

Freire	Kandy	2,5	1,0	6,3	1,0
	T 5005	2,7	1,7	7,3	2,5
	Cacique	2,7	1,4	5,5	2,9
	Jubilee	2,1	0,9	3,2	3,7

En promedio, en las dos horas al sol la pérdida de peso fue de 2,6 %, pero a la sombra fue de 1,5 % (diferencia de 1,1 % de peso). La mayor pérdida de peso la presentó el híbrido Kandy con 3,1%, seguida por Cacique con 3,0 % a las dos horas al sol. Por otra parte, a las dos horas a la sombra Jubilee fue la que más perdió peso con 2,2 %, seguida de T-5005 con 1,9 %. Con cuatro horas al sol, el promedio fue de 5,6 % de pérdida de peso, siendo Kandy con 7,1 % la de máxima pérdida, seguida por T-5005 con 5,9 %. Con cuatro horas a la sombra, el promedio fue de 3,3 % de pérdida, con mayor valor en Jubilee de 3,9 %. La diferencia entre sol y sombra a las cuatro horas de exposición fue de 2,3 %, una diferencia 1,2 % entre 2 y 4 horas, variación muy pequeña, pero la prolongación de este tipo de exposición a pleno sol incrementará mucho esta diferencia. Esta información demuestra la importancia de proteger las mazorcas cosechadas para reducir la pérdida de peso y la calidad del producto.

Rendimiento industrial

En el caso de la agroindustria, es muy importante, no solo el rendimiento, sino también la calidad del grano (Faiguenbaum, 1998). Los factores más relevantes que afectan la calidad sensorial incluyen dulzor, textura y sabor (Wang *et al.*, 1995). El contenido de humedad es vital, ya que influye en la calidad, al estar asociada al dulzor y al contenido de almidón. La cosecha debe realizarse con 72 a 73 % de humedad de grano para maíz dulce normal (gen su), esto mejora el rendimiento industrial, pero disminuye la calidad por sobremadurez (Luchsinger y Camilo, 2008). La transformación de azúcares en almidón continúa y se relaciona directamente con la disminución del contenido de humedad del grano (Szymanek, 2012). Sin embargo, para los híbridos súper dulce (se y sh2) con mayor contenido de azúcares, para procesamiento no se debe cosechar con menos de 76 % y no más de 70 % de humedad, ya que pierden solo alrededor de 0,25 % de humedad cada 24 horas a un nivel de 76 %, comparado con el 1 % de pérdida cada 24 horas de un maíz dulce corriente (Marshall y Tracy, 2003).

El rendimiento industrial está dado por el número de corridas de granos en la mazorca, largo y diámetro de mazorca, profundidad de grano y contenido de azúcares del grano. Mientras más delgada y larga sea la coronta, más granos contendrá, de acuerdo al número de hileras, que para procesamiento debería ser superior a 16 hileras.

En cuanto a sólidos solubles (contenido de azúcares del grano), el óptimo para procesar está entre 24-30°Brix, siendo <24°Brix inmaduro y >30°Brix sobremaduro. En este parámetro hay una correlación directa con el contenido de humedad, debido a que el grano al deshidratarse concentra el azúcar, por eso es importante concentrar la cosecha cuando el grano alcanza 72 a 73 % de humedad. (Faiguenbaum, 1998).

Valor nutritivo

El grano de maíz dulce está compuesto por agua y sólidos totales, proporción que varía de acuerdo a la humedad de cosecha. La composición química del grano va a estar relacionada con las condiciones climáticas, madurez y método de almacenaje. El mayor valor nutritivo es en la fase de grano lechoso, pero a medida que madura a grano pastoso, el azúcar disminuye, acompañado por un aumento del almidón. En 100 g de grano hay alrededor de 3,03 g de sacarosa, 0,34 g de glucosa y 0,31 g de fructosa. Cuando el grano alcanza la maduración óptima, el contenido de azúcares reductores disminuye, pero la sacarosa aumenta. En 100 g de peso fresco se encuentra 3,2 g de proteína, 19,0 g de hidratos de carbono, 2,7 g de fibra, 1,2 g de grasa total y 76,6 g de agua (Li, 2008).

El maíz dulce tiene un buen contenido de minerales como potasio y magnesio como aporte a la dieta, pero también tiene un aporte interesante en fósforo y selenio. Este último oligoelemento es muy importante en la formación de enzimas antioxidantes, las cuales participan en la prevención de daño celular. Por otra parte, el potasio cumple funciones múltiples en el cuerpo humano, como en la formación de músculos, regulación de agua inter e intra celular, regulación de presión arterial, entre otros (Cuadro 12).

Cuadro 12. Contenido de minerales en 100 g de peso fresco de maíz dulce (Li, 2008)

Mineral	Unidad	Maíz dulce
Calcio (Ca)	mg	2,0
Fierro (Fe)	mg	0,5
Magnesio (Mg)	mg	37,0
Selenio (Se)	μ g	8,0
Sodio (Na)	mg	15,0
Potasio (K)	mg	270,0
Fósforo (P)	mg	87,0

Esta hortaliza tiene un importante aporte en vitamina E o tocoferoles, compuestos liposolubles y fotosensibles, protegen de radicales libres causantes de degeneración de tejidos, conserva la piel en buenas condiciones, tiene propiedades antiinflamatorias y es precursora en la generación de una serie de hormonas relacionadas con la procreación y gestación. Otro componente importante dentro del grano de maíz dulce, es el ácido fólico o vitamina B9, protege las células sanas, previene un tipo de anemia, contribuye a controlar la hipertensión, interviene en la formación del sistema nervioso, es beneficioso para el tratamiento de los síntomas asociados a la menopausia, reduce las probabilidades de padecer cáncer de colon, cáncer de cuello uterino y, en algunos casos, cáncer de mama.

Valor nutricional y nutracéutico

Las hojas de las plantas se utilizan para mejorar el paso de la orina, aliviar la inflamación y tratar los cálculos biliares, diabetes y cáncer (Chiu y Chang, 1995b). El maíz contiene saponinas, ácidos grasos, taninos, resina, máysina, aceites esenciales, tiamina y mucílago. La seda de maíz verde es diurética y es útil en el tratamiento de la hidropesía, al igual que los pistilos no desarrollados de la flor y los tallos frescos o secos (Perry, 1980). Se utiliza para la cistitis, uretritis, prostatitis y cálculos urinarios. La semilla de maíz tiene aceite volátil; el aceite de maíz común se puede utilizar como aceite portador (Li, 2000). También contiene ácido abscísico, ácido aconítico, adenosina, alanina, alantoína, aluminio, aminoadipico ácido, ácido delta-amino-levulínico, alfa-amilasa, beta-amilasa, alfa-amirina, beta-amirina, ácido araquídico, arginina, astragalina, benzaldehído, betaína, criptoxantina, ácido cafeico, calcio, campesterol, carbohidratos, carvacrol, celulosa, ácido quelidónico, colina, cobalto, alfa-copaeno, beta-copaeno, criptoxantina, cubebenol, cianidina, cicloartenol, citoquinina, dihidrotosterol, ergosterol, etanol, eugenol, geosmina, geranial, geraniol, globulina, alfa-glucósido, d-glucurónico ácido, ácido glutámico, ácido glicólico, ácido hidroxámico, indol, inositol, hierro, isorhamnetina, kaempferol, kinetina, ácido láctico, lanosterol, leucina, leucocianidina, limoneno, linalol, ácido linoleico, ácido maleico, ácido malónico, mentol, mercurio, metilamina, fenilacetato de metilo, octadecadienoico ácido, pelargonidina, peroxidasa, fenilalanina, fosfatidil glicéridos, beta-pineno, alfa-pineno, quercetina, ácido quínico, ácido ricinoleico, ácido salicílico, saponina, ácido tricarbálico, uridina, ácido urónico, ácido vanílico, xantotoxina, zeatina, zeaxantina, beta-zeína, alfa-zeína y circonio (Duke, 2001).

Los chinos han usado seda de maíz con éxito para tratar la hinchazón causada por la enfermedad renal, según al farmacéutico de productos naturales, Dr. Albert Leung (Duke, 1997).

Referencias

Abendroth, L.J., Elmore, R.W., Boyer, M.J. y Marlay, S.R. 2011. Corn growth and development. PMR 1009. Iowa State University, Extension Service.

Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712Bartolini>, R. 1990. Clasificación botánica. El Maíz: 9-10. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa.

Blanco, C. y Saavedra, G. 2015. Manejo de malezas y su control. En: Saavedra, G. y González, M. El Cultivo del Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 91-112. Santiago de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Brown, W. L., Zuber, M. S., Darrah, L. L. y Glover, D. V. 1985. Origin, adaptation, and types of corn. (NCH-10): 1-6. Cooperative Extension Service - Iowa State University. Ames, Iowa.

Chiu, N. y Chang, K. 1995b. The illustrated medicinal plants in Taiwan. Vol. 2. Taipei, Taiwan: SMC Publ.

Ciampitti, I.A. y García, F. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundario. II Hortalizas, frutales y forrajeras. Archivo Agronómico N° 12. En: Informaciones Agronómicas N° 33. 4pp.

Ciampitti, I.A., Elmore, R.W. y Lauer, J. 2016. Corn growth and development poster. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Services. En: <http://128.104.50.45/Management/pdfs/Corn%20Growth%20and%20Development%20poster.pdf>

Dinges, J. R., Colleoni, C., Myers, A. M. y James, M. G. 2001. Molecular structure of three mutations at the maize sugary 1 locus and their allele-specific phenotypic effects. Plant Physiol 125(3): 1406-1418. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.125.3.1406>

Duke, J. A. 1997. The green pharmacy. Emmaus, PA: Rodale Press.

Duke, J. A. 2001. Handbook of phytochemical constituents of GRAS herbs and other economic plants. Boca Raton, FL: CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9780203752623>

Estay, P. 2015. Las plagas y su control. En: Saavedra, G. y González, M., El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 123-132. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

Fauguenbaum, H. 1998. Maíz dulce para congelado y mercado fresco. Híbridos y sus características. Agroeconómico. 46(4): 26-28.

Estudio FAO riego y drenaje N°56. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.

Kehr, E. y Bastías, M. 2016. Maíz dulce. En: Kehr, E. y Leal, Y. (eds.) (2016) Fichas Técnicas: Rubros agropecuarios de interés para sistemas productivos de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 330. Disponible

en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6557> (Consultado: 18 octubre 2022). 59-62.

Li, T. S. C. 2000. Medicinal plants: Culture, utilization, and phytopharmacology. Lancaster, PA: Technomic. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781482293982>

Li, T. 2008. Vegetables and fruits. Nutritional and therapeutic values. CRC Press. Boca Raton, Fl. 271 pp. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420068733>

Luchsinger, A. y Camilo, F. 2008. Rendimiento de maíz dulce y contenido de sólidos solubles. IDESIA (Chile). 23(3): 21-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292008000300003>

Mangelsdorf, P. C. 1974. Corn: Its origin, evolution and improvement. Cambridge, MA. Belknap/Harvard University Press. 262 pp.

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

Marshall, S. W. y Tracy, W. F. 2003. Sweet Corn. In Ramstad, P. E. y White, P., Corn Chemistry and Technology: 537-569. Minneapolis. American Association of Cereal Chemists.

Perry, L. M. 1980. Medicinal plants of east and southeast Asia. Cambridge, MA: MIT Press. DOI: <https://doi.org/10.1007/BF02858311>

Revilla, P. y Tracy, W. F. 1995. Isozyme variation and phylogenetic relationships among open-pollinated sweet corn cultivars. Crop Sci. 35(1): 219-227. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1995.0011183X003500010041x>

Saavedra, G. 2015. Suelo y clima. En: Saavedra, G. y González, M., El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 21-24. Santiago de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7802>

Sepúlveda, P. 2015. Enfermedades y su control. En: Saavedra, G. and González, M., El Cultivo de Maíz Choclero y Dulce, Boletín INIA N°303: 113-122. Santiago, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7802>

Szymanek, M. 2012. Processing Sweet Corn. En: Eissa, A. A., Trends in Vital Food and Control Engineering: 85-98. Rijeka, Croatia. InTech Europe.

Wang, A. D., Swiader, J. M., y Juvik, J. A. 1995. Nitrogen and sulfur fertilization influences aromatic flavor components in shrunken2 sweet corn kernels. J Am Soc Hort Sci. 120(5): 771-777. DOI: <https://doi.org/10.21273/JASHS.120.5.771>

Wellhausen, E. J., Roberts, I. M., y Hernandez, E. 1952. Races of maize in Mexico. Cambridge, MA: The Bussey Institute of Harvard University. 223 pp.

Poroto verde

Phaseolus vulgaris L. var. *vulgaris*

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



Centro de origen y características botánicas

El poroto verde y el poroto seco son la misma especie, pertenece a la familia *Fabaceae*. La planta es autógama y anual originaria de la región andina y Mesoamericana. También, el poroto se puede encontrar de forma silvestre desde el sur de México hasta Jujuy (Argentina), donde fue domesticada entre el 7000 y 8000 A. C. (Gepts, 1998). La forma silvestre es esencialmente trepadora, con entrenudos largos y vainas espaciadas, dehiscentes y con granos pequeños. Al domesticarse se redujo la altura acortando los entrenudos, alargando las vainas y engrosando los granos; el carácter trepador lo conservan algunas variedades para invernadero o conducción en espaldera. Como cultivo, se encuentra distribuido por todo el mundo en latitudes comprendidas entre los 52°N y 32°S, y desde el nivel del mar hasta más de 3.000 m (Cubero, 2017).

Las variedades se pueden distinguir en crecimiento determinado (tamaño 30-40 cm de altura) e indeterminado, que pueden alcanzar 3 m de altura con más de 25 nudos florales. Dentro de ellas se pueden agrupar por forma, color de vaina y grano, y por ciclo de producción (precoces a tardías). Los tipos más conocidos son de vaina ancha, aplanada y vaina cilíndrica (Figura 1) (Cubero, 2017). La industria de congelados y enlatados prefiere la vaina cilíndrica, pero para se prefiere la vaina plana. La agroindustria prefiere la vaina redonda porque se conservan frescas por mayor cantidad de tiempo, pero además hay una relación estrecha entre el tamaño del agujero seleccionador con calidad y madurez cuando las vainas son seleccionadas antes de ser procesadas (Koutsika-Sotiriou y Traka-Mavrona, 2008).



Figura 1. Tipos de vaina en poroto verde: vaina ancha (a); vaina plana (b) y vaina cilíndrica (c)

Estadísticas productivas regionales

En el mundo se siembran 146.350 hectáreas de poroto verde, de ellas 69 % se cultiva en América y 49 % en Estados Unidos. En Chile, la superficie promedio sembrada en los últimos 10 años ha sido de 2.613 ha, con 2.843 ha en la última. La distribución regional se muestra en el cuadro 1, donde prácticamente el 70 % de la producción se concentra en las regiones Metropolitana, Coquimbo y Maule. La Región de La Araucanía aporta con el 5,8 % de la superficie sembrada, siendo la quinta en importancia detrás de la Región de Valparaíso.

Cuadro 1. Superficie sembrada con poroto verde y su distribución regional. Temporada 2020/2021. ODEPA, 2022

Región	Hectáreas	Porcentaje (%)
Arica y Parinacota	137,1	4,8 %
Atacama	35,4	1,2 %
Coquimbo	747,6	26,3 %
Valparaíso	169,7	6,0 %
Metropolitana	942,5	33,1 %
O'Higgins	156,1	5,5 %
Maule	293,6	10,3 %
Ñuble	91,2	3,2 %
Biobío	58,4	2,1 %
La Araucanía	165,1	5,8 %
Resto del país	46,8	1,6 %
Total	2.843,4	

En La Araucanía, el promedio de los últimos 10 años ha sido de 142 hectáreas sembradas con este cultivo, con una tendencia a incrementar, tal como se observa en la figura 2.

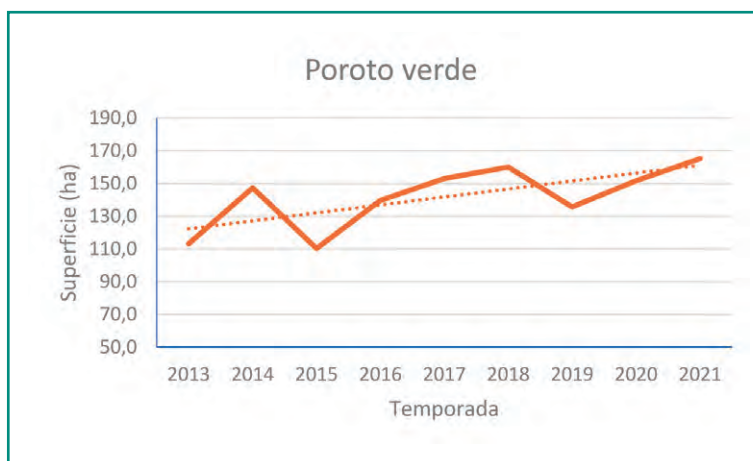


Figura 2. Evolución de la superficie sembrada de poroto verde y tendencia en la Región de La Araucanía

La comercialización se realiza en mercados mayoristas en sacos de 25 kg en vegas y centros de acopio mayorista del país. El poroto verde proveniente de La Araucanía se comercializa entre enero y abril, con el mayor volumen en enero. Entre enero 2020 y abril 2021 se comercializaron en Chile 1.994 sacos de 25 kg proveniente de La Araucanía, o sea 49.850 kilos con un promedio de precio real por kilo de \$1.193. Este volumen no considera lo comercializado en retail y supermercados, ni el mercado informal que caracteriza las hortalizas.

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y ciclo de desarrollo

Por ser una planta de origen de lugares cálidos, es muy sensible a heladas, especialmente entre emergencia y floración, la temperatura crítica de daño es 0 °C. La temperatura óptima de crecimiento está entre 20-26 °C, con un mínimo de 8-10 °C, este valor indica la temperatura base de crecimiento. La máxima está entre 27 y 30 °C, ya que sobre esta temperatura se altera la fisiología de la planta afectando la cuaja de flores (Cubero, 2017). Excesos de humedad pueden ocasionar caída de flores y fluctuaciones de temperatura, por debajo de 15 °C producen vainas curvadas.

La planta no es exigente en profundidad de suelo, ya que arraiga superficialmente, la profundidad óptima son 45 cm. El pH óptimo está entre 5,5 y 7,5, con un mínimo tolerado de 4,6. Esta especie es sensible a la salinidad del suelo, siendo 1,0 mmhos/cm el valor tolerado, con un valor crítico de 3,5 mmhos/cm (Ciren, 2012).

Por ser una planta sensible a heladas, hay que sembrarla cuando pase este período. Por lo tanto, fluctúa mucho la fecha entre zonas. En el cuadro 2 se presentan las fechas recomendadas de siembra de poroto verde en la Región de La Araucanía.

Cuadro 2. Épocas de siembra de poroto verde según zona agroecológica

Zona agroecológica	Inicio	Fin
Secano interior	01 octubre	30 noviembre
Secano costero	01 octubre	30 noviembre
Valle central	01 noviembre	31 diciembre
Precordillera	01 noviembre	31 diciembre

Fuente: (Kehr y Bastías, 2016).

El ciclo de desarrollo del poroto verde es corto, entre 90 y 120 días, según la variedad y condiciones agroclimáticas. En la figura 3, se muestra el ciclo de desarrollo del poroto, pero para cosecha en verde debe estar entre los estados R7 a R8, o sea desde formación de vaina hasta inicio de llenado de grano, donde lo importante es la textura de la vaina y poco desarrollo del grano. Las claves de los estados fenológicos se presentan en el cuadro 3.

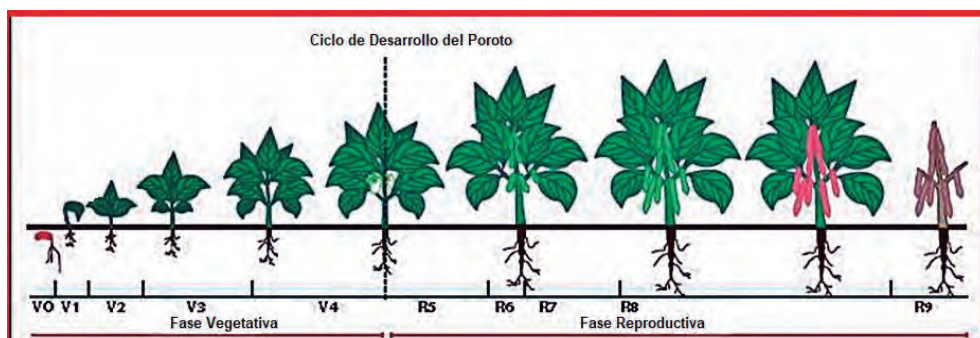


Figura 3. Ciclo de desarrollo de la planta de poroto (Adaptado de: Schwartz et al., 2005)

Cuadro 3. Claves de los estados fenológicos del poroto

Fase	Código	Etapas
Vegetativa	V0	Germinación
	V1	Emergencia
	V2	Hojas primarias
	V3	Primera hoja trifoliada
	V4	Tercera hoja trifoliada
Reproductiva	R5	Prefloración
	R6	Floración
	R7	Formación de vainas
	R8	Llenado de vainas
	R9	Maduración

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

La planta de poroto es frondosa, por lo tanto, hay que darle el espacio suficiente para que exprese todo su potencial. La siembra es en hileras, ya sea en plano o camellones a 0,7 m y sembrando aproximadamente 15 semillas por metro lineal, para una población de 220.000 plantas/ha, equivale a 120 kg/ha. Considerar la variación del tamaño de semilla ya que cambia según la variedad, estimando un peso entre 35 y 49 g por cada 100 semillas. Esta información puede ser ajustada en kilos de semilla necesaria para sembrar por hectárea.

Necesidades hídricas

El poroto, como la gran mayoría de los cultivos, presenta períodos de su desarrollo que son muy sensibles a la falta de humedad del suelo. Un déficit de agua durante períodos críticos como crecimiento, floración y formación de vaina, provoca pérdidas de hasta 30 %. El primer riego se debe hacer cuando el cultivo presenta la primera hoja trifoliada, con 5 a 6 riegos por temporada, si es por surco. Pero, al ser presurizado por cintas, la frecuencia cambia de acuerdo a la demanda bruta de agua, tal como se muestra en el cuadro 4. La metodología utilizada para el cálculo se indica en el Anexo 1.

Cuadro 4. Demanda bruta de agua en la Región de La Araucanía por el cultivo del poroto verde

Zona agroecológica	Mes siembra	Inicio cosecha	Demanda Bruta (mm/ha)
Secano interior	Octubre	Enero	516
Secano costero	Octubre	Enero	478
	Noviembre	Febrero	443
	Diciembre	Marzo	445
Valle central	Noviembre	Febrero	525
	Diciembre	Marzo	436
Precordillera	Noviembre	Febrero	558
	Diciembre	Marzo	478

Necesidades nutricionales

Como todas las leguminosas, el poroto verde es capaz de fijar nitrógeno atmosférico en simbiosis con una bacteria específica, *Rhizobium phaseoli*. La cantidad de nitrógeno fijado varía de acuerdo a las condiciones climáticas y nutrición del suelo, pero se indica desde 50 kg/ha/año (EOS Data Analytic, 2022) y 20 a 25 kg/ha/año (INTAGRI, 2021).

En este cultivo, la mayoría del nitrógeno (N), calcio (Ca), azufre (S) y manganeso (Mn) se absorbe desde siembra hasta 50 a 60 días. Por el contrario, la absorción del potasio (K) y fósforo (P) continúa hasta 70 y 80 días después de siembra. La mayor absorción nutricional corresponde a K y N con niveles de 170 a 200 kg/ha y Ca con 100 kg/ha. Se requieren cantidades inferiores a 50 kg/ha de S, Mg y P (Rodríguez, 2004).

Manejo de enfermedades

El poroto verde es atacado por una serie de enfermedades, destacando las virosis como Mosaico Común del Frejol (BCMV) y Mosaico Amarillo del Frejol (BYMV), transmitidas por vectores como los pulgones, y por semilla como el caso del Mosaico Común, que para

controlarla es necesario usar semilla sana, de origen conocido o certificada. También, la elección de variedades que presenten tolerancia o resistencia a estas enfermedades es muy recomendable, junto con el control de vectores.

Hay enfermedades fúngicas que atacan al poroto verde, las cuales se listan en el cuadro 5, donde se describen síntomas. Este listado corresponde a las enfermedades reconocidas por el SAG en Chile para el poroto y recopiladas por Acuña (2008). La mayoría de estas enfermedades se puede mitigar disminuyendo la cantidad de inóculo presente en los potreros, haciendo una rotación de cultivos de 3 a 4 años, eliminar rastrojos y malezas que puedan ser reservorios de inóculos, todo esto en forma preventiva.

Cuadro 5. Listado de enfermedades reconocidas para el cultivo del poroto verde (Acuña, 2008)

Agente causal	Síntomas
<i>Alternaria alternata</i> (sin. <i>A. tenuis</i>) alternariosis	Manchas foliares necróticas, pequeñas, irregulares, café rojizas, con un borde café oscuro o en anillos concéntricos. Vainas con lesiones semejantes y deprimidas. Pudrición de post cosecha en vainas verdes y granadas.
<i>Alternaria sp.</i> , <i>Rhizoctonia sp.</i> , <i>Rhizopus sp.</i> , <i>Sclerotinia sp.</i> pudrición de poscosecha	Pudrición de vainas verdes y granadas en poscosecha, con desarrollo de lesiones café oscuro, acuosas y presencia de mohos de diferente color según hongo causal.
<i>Alternaria sp.</i> , <i>Aspergillus sp.</i> , <i>Botrytis sp.</i> , <i>B. cinerea</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>F. solani f. sp. Phaseoli</i> , <i>Mucor sp.</i> , <i>Penicillium sp.</i> , <i>Phytophthora sp.</i> , <i>P. megasperma</i> , <i>Pythium aphanidermatum</i> , <i>P. ultimum</i> , <i>Rhizopus stolonifer</i> , <i>Rhizoctonia solani</i> , <i>Sclerotinia sp.</i> caída, pudrición de semillas	Marchitez de plántulas en pre y post emergencia, asociada a pudrición húmeda debajo de los cotiledones, con destrucción del sistema vascular, en pre y post emergencia. Lesiones alargadas y húmedas en tallos, varios cm sobre y bajo el nivel del suelo, y en raíces, como canchales de tamaño variable y bordes bien definidos color café rojizo. Pudrición de semillas con desarrollo de micelio y esporas de hongos.
<i>Botrytis cinerea</i> pudrición gris, tizón	Manchas foliares oscuras y acuosas, con zonas concéntricas, y presencia de micelio gris, también sobre flores senescentes y vainas. Vainas con manchas acuosas, luego café grisáceas y deprimidas.

Agente causal	Síntomas
<p><i>Colletotrichum lindemuthianum</i></p> <p>antracnosis</p>	<p>Manchas foliares necróticas, redondas u oblongas, de 2-3 cm diámetro, rojizas, con borde más oscuro, también en pecíolos. Venas rojizas y necróticas. Tallos con canchros café, alargados y deprimidos, con borde rojo ladrillo, que se quiebran. Vainas con manchas pequeñas, redondas u oblongas, color café claro, de 1-10 mm, borde negro a café rojizo.</p>
<p><i>Erysiphe polygoni</i></p> <p>oídio</p>	<p>Manchas foliares amarillentas como moteado en la cara superior, de hasta 1 cm diámetro, con desarrollo de micelio blanco y pulverulento, también sobre tallos y vainas. Amarillez y eventual defoliación prematura. Malformación o aborto de vainas.</p>
<p><i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Phaseoli</i></p> <p>fusariosis amarilla</p>	<p>Amarillez y senescencia prematura del follaje, generalmente sin marchitez. Raíces y tallos con decoloración vascular de color café rojizo.</p>
<p><i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium solani</i> f. sp. <i>Phaseoli</i></p> <p>fusariosis o pudrición seca del frejol</p>	<p>Follaje parcialmente clorótico, hasta amarillez; menor desarrollo de plantas y caída prematura de hojas. Coloración rojiza en zona del cuello y raíz principal. Necrosis y muerte de raíces, con agrietamientos longitudinales.</p>
<p><i>Macrophomina phaseolina</i> (anam. <i>Sclerotium bataticola</i>)</p> <p>tizón ceniciento del tallo</p>	<p>Plantas con marchitez, clorosis y defoliación prematura, asociada a lesiones en la base del tallo como canchros negros, deprimidos, con margen definido. Coloración gris cenicienta de tejidos por presencia de microesclerocios o picnidios negros del hongo, sobre y dentro del tallo.</p>
<p><i>Pseudomonas syringae</i> pv. <i>Syringae</i></p> <p>mancha café bacteriana</p>	<p>Vainas con manchas como puntos, acuosas a necróticas, color café, sin halo. Vainas enroscadas o dobladas.</p> <p>Manchas foliares necróticas sin halo, también en tallos.</p>
<p><i>Pseudomonas savastanoi</i> pv. <i>phaseolicola</i> (sin. <i>Pseudomonas phaseolicola</i>, <i>P. syringae</i> pv. <i>phaseolicola</i>)</p> <p>tizón del halo</p>	<p>Manchas foliares acuosas, de unos pocos mm diámetro, que se vuelven necróticas y café rojizas, a veces con un halo verde amarillento.</p> <p>Manchas oleosas y acuosas en tallos y vainas, con bordes de color café cuando maduran las vainas. Semillas con pudrición o arrugadas y decoloradas.</p>
<p><i>Rhizoctonia solani</i></p> <p>caída, pudrición del cuello</p>	<p>Canchros más o menos circulares a oblongos, deprimidos, café y bien delimitados por un margen café, en cuello y raíz principal. Vainas en contacto con el suelo presentan lesiones café, deprimidas y delimitadas. Pudrición de post cosecha.</p>

Agente causal	Síntomas
<p><i>Rhizopus</i> sp.</p> <p><i>Rhizopus stolonifer</i></p> <p><i>Fusarium solani</i></p> <p>podrición de vainas y semillas</p>	<p>Podrición de vainas verdes y granadas en post cosecha, con desarrollo de micelio café oscuro a negro y esporas del hongo. Podrición de semillas.</p>
<p><i>Sclerotinia</i> sp.</p> <p><i>Sclerotinia sclerotiorum</i></p> <p><i>Sclerotinia minor</i></p> <p>esclerotiniosis</p>	<p>Marchitez foliar y desecación de plantas, con pudrición basal de tallos, desarrollo de micelio blanco algodonoso y esclerocios negros, duros e irregulares, de 2-10 x 2-5 mm, esféricos y de 0,5-1 mm diámetro, también en vainas en contacto con el suelo. Podrición de vainas en poscosecha.</p>
<p><i>Sclerotium rolfsii</i></p> <p>podrición radicular blanca</p>	<p>Plantas con clorosis, marchitez, madurez prematura, defoliación y muerte del follaje. Podrición blanda del cuello y raíces, con necrosis del xilema sobre y bajo la zona del cuello; desarrollo de micelio blanco algodonoso y numerosos esclerocios pequeños, lisos, redondos, de 2-2,5 mm diámetro, blancos a café claro en la zona del cuello y raíces.</p>
<p><i>Uromyces phaseoli</i></p> <p>(sin. <i>Uromyces appendiculatus</i>)</p> <p>roya</p>	<p>Pústulas irregulares, de color rojizo-anaranjado en envés de hojas (uredosoros), que rompen la epidermis y pueden alcanzar hasta 1-2 mm diámetro. Amarillez y seca del follaje, defoliación.</p>
<p><i>Verticillium albo-atrum</i></p> <p>verticilosis</p>	<p>Marchitez y amarillez foliar. Coloración café del sistema vascular de tallos y raíces.</p>
<p><i>Xanthomonas campestris</i> pv.</p> <p><i>Phaseoli</i></p> <p>bacteriosis común, tizón común</p>	<p>Manchas foliares pequeñas, menos de 1 mm diámetro, translúcidas y acuosas, irregulares, luego necróticas, que pueden unirse y presentar exudación bacteriana en condiciones de humedad. Venas con necrosis café rojiza. Tallos con estrías de color café rojizo; quiebre del primer nudo del tallo principal. Vainas con manchas verde acuosas a café rojizo, con exudación amarillo o crema. Semillas arrugadas o con manchas amarillentas a café en la testa o zona del hilum.</p>
<p>Alfalfa mosaic virus (AfmV)</p> <p>Virus del mosaico de la alfalfa</p> <p>Bean common mosaic virus (BCMV)</p> <p>Mosaico común del frejol</p> <p>Bean yellow mosaic virus (BYMV)</p> <p>Mosaico amarillo del frejol</p> <p>Cucumber Mosaic Virus (CMV)</p> <p>Virus del mosaico del pepino</p>	<p>Moteado clorótico o mosaico, hojas alargadas, arrugadas o acucharadas y deformación de vainas (AfmV, CMV), con presencia de círculos concéntricos (AfmV). Necrosis del ápice de brotes e interna y externa de tallos (AfmV, BCMV raza necrótica).</p> <p>Mosaico amarillo o verde amarillento intenso, curvamiento de folíolos hacia abajo; acortamiento de entrenudos (BYMV, TSV). Aborto de flores; ampollamiento, enanismo foliar y entrenudos cortos. Achaparramiento general de la planta.</p> <p>Vainas escasas y vanas, pequeñas o con granos pequeños.</p>

El control químico se debe realizar en casos necesarios usando ingredientes activos y productos comerciales autorizados por el SAG (2022) (Cuadro 6).

Cuadro 6. Listado de ingredientes activos y productos comerciales para enfermedades de poroto verde autorizados por el SAG al 11 de octubre 2022

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Alternariosis	<i>Alternaria alternata</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG, Amistar Opti
		Difenoconazol	Caldera 250 EC, Difenoconazol 250 EC, Dominio 25 EC, Premiado 250 EC, Score 250 EC
Antracnosis	<i>Colletotrichum lindemuthianum</i>	Captán	Captan 83 WP, Captan Gold 80 WG
		Folpet	Folpan 50 WP
		Tiofanato-Metilo	Rutyl
Caída de plantas	Varias especies	Fludioxonilo / Metalaxilo-M (Mefenoxam)	Celest XL 035 FS, Celest XL 035 FS Colourless
		Mancozeb	Cadillac, Fuerza
		Tiofanato-Metilo / Piraclostrobin	Acronis
Esclerotiniosis	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Ciprodinilo / Fludioxonilo	Switch 62,5 WG
		Iprodiona	Rovral 50% WP, Rukon 50 WP
		Tiofanato-Metilo	Rutyl
Oidio	<i>Erysiphe polygoni</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Difenoconazol	Caldera 250 EC, Difenoconazol 250 EC, Dominio 25 EC, Premiado 250 EC, Score 250 EC
		Triadimefón	Nabac 25 WP, Swift T-25, Triadimefon 25 WP, Xenor
Pudrición del cuello	<i>Rhizoctonia solani</i>	Iprodiona	Rovral 50% WP, Rukon 50 WP
Pudrición gris	<i>Botrytis cinerea</i>	Ciprodinilo / Fludioxonilo	Switch 62,5 WG

Roya	<i>Uromyces phaseoli</i>	Azoxistrobina	Amistar 50 WG
		Azoxistrobina / Ciproconazol	Planet Xtra
		Ciproconazol	Alto 100 SL
		Triadimefón	Nabac 25 WP, Swift T-25, Xenor

Manejo de plagas

Existen numerosas plagas que afectan al poroto verde, algunas se presentan todos los años, mientras otras en forma ocasional y en intensidad variable. El control químico se justifica solo cuando el daño es superior al costo de las pulverizaciones, considerando, en todo caso, el estado de desarrollo del cultivo. En el cuadro 7 se presentan las principales plagas del poroto verde y el control químico a través de productos comerciales y su ingrediente activo para su uso en este cultivo.

Cuadro 7. Principales plagas del poroto verde y productos comerciales e ingredientes activos para su control químico autorizados por el SAG al 11 de octubre 2022 (SAG, 2022)

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Gusano barrenador	<i>Elasmopalpus lignosellus</i>	Acefato	Orthene 80 ST
		Teflutrina	Force 20 CS Semillero
Gusanos cortadores	<i>Agrotis</i> spp, y otros	Acefato	Orthene 80 ST
		Dazomet	Basamid Granulado
		Metam-Sodio	Raisan 50, Nemasol
		Permetrina	Permetrina 50 CE
Minahojas	<i>Lyriomyza sativae</i> , <i>Lyriomyza huidobrensis</i> , <i>Lyriomyza quadra</i>	Ciromazina	Trigard 75 WP, Ciromas 75 % WP
		Dimetoato	Perfekthion
		Gamma-Cihalotrina	Zoro, Bull
		Lambda-Cihalotrina	Karate Con Tecnología Zeon, Karate Con Tecnología Zeon 050 CS, Ninja, Invicto 50 CS
		Novalurón	Rimon 10 EC, Pedestal
		Permetrina	Permetrina 50 CE
Mosca del frejol	<i>Delia</i> spp	Acefato	Orthene 80 ST
		Teflutrina	Force 20 CS Semillero

Nombre común	Nombre científico	Ingrediente activo	Producto comercial
Polilla del frejol	<i>Epinotia aporema</i>	<i>Bacillus thuringiensis</i> cepa N1/ <i>Bacillus thuringiensis</i> cepa N2/ <i>Bacillus thuringiensis</i> cepa N3	Betk-03
		Bifentrina	Talstar 10 EC, Tripp, Bifentrin 100 EC
		Gamma-Cihalotrina	Zoro, Bull
		Lambda-Cihalotrina	Knockout, Lambda Cihalotrina 50 EC
		Novalurón	Rimon 10 EC, Pedestal
Pulgones	Varias especies	<i>Beauveria bassiana</i> cepa ATCC 74040	Naturalis L
		Dimetoato	Perfekthion
		Gamma-Cihalotrina	Zoro, Bull
		Imidacloprid	Confidor Forte 200 SL, Couraze 200 SL, Absoluto 20 % SL, Imidacloprid 200 SL
		Imidacloprid / Deltametrina	Muralla Delta 190 OD
		Lambda-Cihalotrina	Zero 5 EC, Karate Con Tecnologia Zeon, Karate Con Tecnologia Zeon 050 CS, Knockout, Ninja, Invicto 50 CS, Lambda Cihalotrina 50 EC
Trips	<i>Thrips tabaci</i> , <i>Frankliniella occidentalis</i>	Acetamiprid / Lambda-Cihalotrina	Quilate Plus 45 % WP
		<i>Beauveria bassiana</i> cepa ATCC 74040	Naturalis L
		Dimetoato	Perfekthion
		Espinosad	Entrust
		Lambda-Cihalotrina	Zero 5 EC, Karate Con Tecnologia Zeon, Karate Con Tecnologia Zeon 050 CS, Knockout, Ninja, Invicto 50 CS, Lambda Cihalotrina 50 EC

Manejo de malezas

La competencia de las malezas, es uno de los mayores inconvenientes para obtener un buen rendimiento económico. Se afirma que el poroto verde es uno de los cultivos que compite fuertemente con las malezas cuando se desarrolla bajo condiciones favorables, lo que consigue en parte, con la eliminación temprana de éstas. Se ha establecido que el poroto verde debe estar libre de malezas, durante los primeros 40 días después de la emergencia, por lo que, cualquier método de control deberá contemplar fundamentalmente este período (Instituto de Investigaciones Agropecuarias, 1977).

El control de malezas comienza al inicio del sistema productivo, donde la rotación es fundamental. Como hay una secuencia de cultivos con diferente hábito de crecimiento, se logra también alterar el hábito de crecimiento de las malezas, disminuyendo la población a través de los años. El siguiente paso es la preparación de suelos, temprano, pero preparar una cama de semilla esencialmente libre de malezas es muy favorable para que el cultivo se establezca libre de competencia.

Una vez establecido el cultivo, se pueden realizar limpiezas manuales o mecanizadas entre hileras. Finalmente, está el control químico con herbicidas que den protección al cultivo. Una lista de los productos e ingredientes activos se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Ingredientes activos, productos comerciales y modo de acción de herbicidas para el poroto verde autorizados por el SAG al 11 de octubre 2022 (SAG, 2022)

Ingrediente activo	Producto comercial	PSI	PreEm	PostEm	Acción
Cletodima	Centurion 240 EC, Aquiclan 24 EC, Aquiles 24 EC, Centurion Super, Clethodim 3E, Cletodim 240 EC, Fortaleza 24% EC, Hazard, Vesuvius			X	Gramíneas
Fluazifop-P-Butilo	Hache Uno 2000 175 EC			X	Gramíneas
Fomesafeno	Flex, Legufen 250 SL			X	Hoja ancha
Propaquizafop	Agil 100 EC			X	Gramíneas
Propisocloro	Proponit 720 EC, Portento 720 EC	X	X	X	Gramíneas y hoja ancha
Quizalofop-P-Tefurilo	Pantera 12 EC, Pantera Plus, Sector - T			X	Gramíneas

Linurón	Linurex 50 SC, Afalon 50 SC, Linurón 500 SC Solchem, Tiburón 500 SC		X		Gramíneas y hoja ancha
S-Metolacoloro	Dual Gold 960 EC, Partidor 960 EC	X			Gramíneas y hoja ancha
Trifluralina	Treflan, Triflurex 48 EC	X			Gramíneas y hoja ancha

Índice de cosecha

El índice de cosecha para el poroto verde es cuando la vaina alcanza su largo máximo y los granos están semi-formados, o sea visualmente apenas se distingue la concavidad, por fuera de la vaina, el grano.

Poscosecha

La vaina de poroto verde es un órgano en plena actividad, respira, consume azúcares y elimina agua una vez que es separada de la planta. Estas vainas, una vez cosechadas, deberían ser puestas bajo protección para bajar la temperatura y disminuir las pérdidas por deshidratación. En un ensayo realizado dentro de las unidades demostrativas del programa GORE-INIA Hortalizas, donde se realizaron muestras, se pesó y se puso una parte a pleno sol y otra bajo malla raschel. Posteriormente, a las 2 y 4 horas se pesaron (Cuadro 9).

Cuadro 9. Pérdida de masa (%) de tres variedades de poroto verde (Magnum, Apolo y Chisolm) expuestas al sol y bajo sombra (malla raschel) en cinco localidades de la Región de La Araucanía

		Magnum		Apolo		Chisolm	
		Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra
INIA Carillanca	2 horas	5,7	1,7	3,0	2,0	2,7	2,0
	4 horas	11,3	2,7	8,0	4,3	6,0	3,3
Maquehue	2 horas	5,7	3,7	4,0	1,7	4,0	2,0
	4 horas	15,3	7,0	9,7	4,3	13,0	3,6
Chol Chol	2 horas	3,0	11,0	3,0	16,0	4,0	9,0
	4 horas	6,0	20,0	9,0	30,0	11,0	21,0
Freire	2 horas	4,0	5,0	4,0	11,0	4,1	13,0
	4 horas	21,0	12,0	4,0	23,0	24,5	4,0
Renaico	2 horas	8,0	6,0	1,0	15,0	0,0	10,0
	4 horas	20,0	17,0	22,0	33,0	1,0	33,0

El promedio general a las dos horas de exposición al sol fue de 7,3 % de disminución de peso, mientras que bajo malla fue de 3,7 %. A las cuatro horas, a pleno sol, la disminución de peso fue de 14,6 % y bajo malla 12,1 %.

Productividad

El momento de cosecha del poroto verde es muy importante, ya que al pasar esa etapa la vaina se pone más dura y los granos más grandes, perdiendo calidad el producto. Por eso, tomando la información desde siembra a cosecha en las diferentes unidades demostrativas del programa GORE-INIA Hortalizas, se hizo un análisis de la suma térmica acumulada en base 10, ya que bajo 10 °C la planta no crece. Este resultado fue que, en promedio, la planta de poroto verde necesita 585±117 grados-día para llegar a cosecha. Basándose en esta información, se hizo un cálculo y extrapolación para la estimación de cosecha en diferentes zonas agroecológicas de La Araucanía. Los resultados se presentan en el cuadro 10.

Cuadro 10. Épocas de cosecha de poroto verde según fecha de siembra basado en grados-días acumulados base 10 para cinco territorios de la Región de La Araucanía

Zona agroecológica	Mes inicio de siembra	Período de cosecha	Mes fin de siembra	Período de cosecha
Secano interior: Chol Chol	Octubre	Mediados de febrero		
Valle central: Temuco	Noviembre	1ª quincena de febrero	Diciembre	1ª semana de marzo
Valle central: Maquehue	Noviembre	2ª quincena de febrero	Diciembre	1ª semana de marzo
Cautín sur: Freire	Noviembre	Fines de febrero	Diciembre	1ª quincena de marzo
Precordillera Vilcún	Noviembre	1ª quincena de marzo	Diciembre	Mediados de marzo
Secano costero: Tranapunte	Octubre	1ª quincena de marzo		
Malleco sur: Renaico	Octubre	1ª quincena de enero	Noviembre	Mediados de enero

Rendimiento

El promedio mundial en la temporada 2020-2021 fue 9,5 t/ha, siendo el continente americano el de mayor superficie sembrada con un promedio de 9,4 t/ha, con el mejor rendimiento mundial en Estados Unidos con 10,4 t/ha (FAOSTAT, 2022). En el país el promedio se encuentra entre 8 y 9 t/ha, pero este cultivo tiene un potencial de 22 t/ha, según resultados obtenidos en evaluaciones del programa GORE-INIA Hortalizas en la temporada 2020-2021.

Se determinó un promedio general de 19 t/ha en las unidades demostrativas del programa GORE-INIA Hortalizas. Además, al comparar la manta térmica respecto a uno sin manta no se observaron diferencias en rendimiento, ambas estuvieron entre 18 y 19 t/ha, pero hubo un adelanto de casi un mes en Maquehue e INIA Carillanca. En Maquehue se observó un mejor rendimiento con 20,5 t/ha, destacando las variedades Chisolm y Magnum con 24 y 25 t/ha, respectivamente. En INIA Carillanca, las variedades Venus y Chisolm fueron las de mayor rendimiento con 21 y 23 t/ha, respectivamente.

Respecto de los componentes de rendimiento, el número de vainas por planta varió mucho de acuerdo a la fecha de siembra. En siembras de diciembre se obtuvieron 13 vainas por planta, comparado con 19 vainas por planta en noviembre. El peso de la vaina varió muy poco, con 9,2 g/vaina en siembras de diciembre, y 10,3 g/vaina en siembras de noviembre. Estos resultados muestran el potencial de este cultivo en la región, además, la producción se puede extender hasta marzo, cuando en la zona central ya está terminada la cosecha.

Rendimiento industrial

La agroindustria usa poroto verde para congelado y enlatado. Así, en ambos el producto debe contener un alto contenido de materia seca y sólidos solubles, de manera que al ser hervidos y envasados conserven el mayor peso posible para disminuir pérdidas industriales. Un promedio de 13,2 % de materia seca (MS) y 6,3°Brix de sólidos solubles (SS) fue obtenido en las evaluaciones realizadas en las unidades demostrativas, aunque estas mediciones dependen del momento de cosecha. Si se deja la vaina más tiempo en la planta, estas acumulan mucha más MS y SS, pero sufren deterioro de la calidad.

Valor nutricional y nutracéutico

El poroto verde es bajo en calorías, está libre de grasas y sodio, es una buena fuente de fibra, de vitamina C y ácido fólico. En el cuadro 11 se muestra la información nutricional de este cultivo (Cinco al día, 2022).

Cuadro 11. Información nutricional de 100 g de poroto verde

Energía (Kcal)	35
Proteínas (g)	1,9
Grasa total (g)	0,3
Hidratos de carbono disponibles (g)	4,7
Fibra dietética total (g)	3,2
Sodio (mg)	1,0
Potasio (mg)	146,0
Calcio (mg)	44,0
Hierro (mg)	0,7
Vitamina A (µg ER)	32,0
Vitamina C (mg)	9,7
Vitamina E (mg ET)	0,5
Ac. Fólico (µg)	33,0

Una porción (1 taza) de poroto verde proporciona el 12 % de la ingesta diaria recomendada de fibra, que contribuye a bajar de peso y a mantener estable el nivel de azúcar en la sangre. Promueve la salud del aparato digestivo; removiendo toxinas del cuerpo, limpiando el intestino y evitando la inflamación. Es una excelente fuente de magnesio, nutriente esencial para el funcionamiento de riñones, corazón y músculos. Contiene vitamina A, fluoruro, y otros minerales y nutrientes (Colsalud, 2022). Ayuda a reducir la presión arterial, el colesterol y a prevenir el cáncer. Estudios recientes consideran el IP6 ([Inositol Hexafosfato](#)), como componente prometedor para tratar el cáncer, que se encuentra en poroto verde entre otras fuentes alimentarias. Otros beneficios incluyen la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y cáncer de colon (Colsalud, 2022).

Referencias

Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712>

Cinco al día. 2022. Poroto verde. En: <https://5aldia.cl/frutas-y-vegetales/porotos-verdes/> [Acceso: 13 diciembre 2022].

CIREN. 2012. Poroto verde. Información avance proyecto. En: https://www.ciren.cl/wp-content/uploads/2017/1/ODEPA_2022/Poroto.pdf [Acceso: 13 diciembre 2022].

Colsalud. 2022. Porotos verdes: Propiedades y beneficios para tu salud. En: <https://colsalud.com/porotos-verdes-beneficios-para-la-salud> [Acceso: 15 diciembre 2022].

Cubero, J. I. 2017. Leguminosas hortícolas: guisantes, judías y habas hortícolas. En: Maroto, J. V. y Baixauli, C. (Eds.). 2017. Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural, Almería, España. Serie Agricultura 13. 703-741.

EOS Data Analytic. 2022. Fijación biológica de nitrógeno. Plantas y bacterias. En: <https://eos.com/es/blog/fijacion-biologica-de-nitrogeno/>

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2022. FAOSTAT- Producción agrícola [online]. Disponible en: Page 4 <http://faostat.fao.org/site/636/DesktopDefault.aspx?PageID=636#ancor> [Acceso: 13 diciembre 2022].

Gepts, P. 1998. Origin and evolution of common bean: Past events and recent trends. HortScience 33(7):1124-1130. DOI: <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.33.7.1124>

Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Estación Experimental Quilamapu. 1977. Cultivo de poroto en la zona centro sur [en línea]. Chillán, Chile: Boletín Técnico - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 9. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/38122> (Consultado: 15 diciembre 2022).

INTAGRI. 2021. Nutrición del Cultivo de Frijol. Serie Nutrición Vegetal, Núm. 149. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 4 p. [online] <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/fertilizacion-del-cultivo-de-frijol> [Acceso: 13 diciembre 2022].

Kehr, E. y Bastías, M. 2016. Poroto verde. En: Kehr, E. y Leal, Y. (eds.). 2016. Fichas Técnicas: Rubros agropecuarios de interés para sistemas productivos de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 330. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6557> (Consultado: 13 diciembre 2022). 67-70.

Koutsika-Sotiriou, M. y Traka-Mavrona, E. 2008. Snap bean. En: Prohens, J. y Nuez, F. Vegetables II. Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae and Umbelliferae. Handbook of Plant Breeding. Springer, New York. 27-86.

ODEPA, 2022. Superficie cultivada con hortalizas. En: <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>

Rodríguez, N. 2004. Uso adecuado de fertilizantes en porotos. Zona Centro Sur [en línea]. Chillán, Chile: Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°116:9. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7028> (Consultado: 14 diciembre 2022).

SAG. 2022. Lista de plaguicidas con autorización vigente al 11 de octubre 2022. En. www.sag.cl

Schwartz, H. F., Franc, G. D., Hanson, L. E., and Harveson, R. M. 2005. Disease management. Pages 109-143 in: Dry Bean Production and Pest Management. H. F. Schwartz, M. A. Brick, R. M. Harveson, and G. D. Franc, eds. Bull. No. 562A, Colorado State Univ., Cort Collins, CO.

Puerro

Allium ampeloprasum L. var. *porrum* J. Gay

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



Centro de origen y características botánicas

Aunque su verdadero origen es desconocido, el puerro tiene sus centros de origen en el Mediterráneo y Asia Menor (Transcaucasia, Irán y Turkmenistan) de acuerdo a Vavilov (1994). Esta especie fue muy importante para los egipcios, griegos y romanos.

El puerro pertenece a la familia Alliaceae. Planta bianual que no responde al fotoperíodo (a diferencia de sus parientes como cebolla y ajo), de raíces abundantes, tallo en disco compacto como todas la Alliáceas, bulbo único membranoso de forma alargada, hojas planas con venas paralelas, pudiendo alcanzar entre 40 y 50 cm de altura, abiertas hacia arriba, no unidas por los bordes y dispuestas en dos filas verticales opuestas (Figura 1a) (de Clercq y Van Bockstaele, 2002). Los bulbos de las variedades actualmente cultivadas no son demasiado pronunciados, son más bien bastante tubulares. La floración ocurre durante el segundo año de cultivo, produciendo umbelas de flores blancas o rosadas (Figura 1b) y semillas negruzcas con caras achatadas, parecidas a las de la cebolla, pero más pequeñas. Un gramo contiene aproximadamente 400 semillas y con una capacidad germinativa cercana a dos años (Vidal *et al.*, 2017).

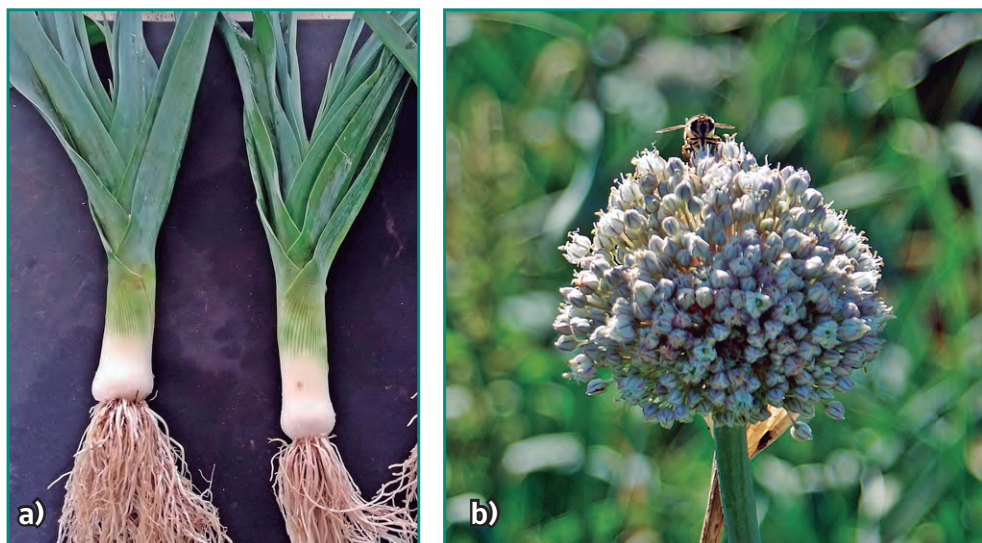


Figura 1. Órgano de consumo e inflorescencia de puerro, (a) bulbo de puerro y hojas, (b) puerro en floración

El puerro necesita vernalización para la inducción floral y, generalmente, florece cuando los días son más largos a mediados de verano. La polinización es entomófila (a través de insectos), aunque existe un mecanismo de protoandría (el polen madura antes que el ovario) en las flores, hay un 10 a 30 % de autopolinización (Berninger y Buret, 1967). Así, temperaturas altas (20-30 °C) durante la polinización, fertilización y maduración de

semilla resulta en menor cantidad de semilla, madurando más rápido que a temperaturas más bajas (10–20 °C) (Gray *et al.*, 1992).

Estadísticas productivas regionales

La información estadística que existe sobre el puerro es muy poca a nivel nacional. En el cuadro 1 se presentan estos datos ordenados por región (Censo Agropecuario, 2021). Así, La Araucanía ocupa el tercer lugar en superficie, después de las regiones Metropolitana y de O'Higgins. Sin embargo, la superficie con este cultivo es muy pequeña, siendo en la mayoría de las regiones producido por pequeños agricultores en superficies reducidas.

Cuadro 1. Superficie de puerro (ha) en regiones de Chile (Censo Agropecuario, 2021)

Región	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Región Metropolitana	89,4	46,2
O'Higgins	45,6	23,6
La Araucanía	43,1	22,3
Biobío	9,6	5,0
Ñuble	4,3	2,2
Maule	0,5	0,3
Los Ríos	0,4	0,2
Valparaíso	0,3	0,2
Los Lagos	0,1	0,1
Aysén	0,1	0,1
Total	193,4	100%

En cuanto a precios y volúmenes producidos de puerros en la Región de La Araucanía, el cuadro 2 muestra los volúmenes anuales de paquetes de puerro (compuesto por 4 a 6, dependiendo del diámetro) de los tres últimos años. La temporada 2021/2022 mostró precios mayores al comparar con las temporadas anteriores, eso se refleja en el precio máximo y mínimo en valores reales. Por otra parte, una baja en el volumen comercializado fue observado a dos meses antes de finalización del año, siendo muy poco el aporte de los meses de noviembre y diciembre.

Cuadro 2. Volúmenes y precios reales de paquetes de puerro provenientes de La Araucanía a octubre 2022

Volúmenes/Precios	2020	2021	2022*
Volumen (Nº paquetes)	166.560	134.868	49.980
Precio promedio por paquete	1.017	825	1.243
Precio máximo	1.694	1.241	1.477
Mes	Noviembre	Febrero	Septiembre
Precio mínimo	607	644	1.037
Mes	Mayo	Octubre	Febrero

*Solo hasta octubre 2022.

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y fenología

El puerro puede ser cultivado en casi todo tipo de suelo. Tiene un largo período de crecimiento y desarrollo, donde el óptimo se encuentra en climas frescos y con alta humedad. Al compararlo con otras hortalizas de la familia aliáceas, este cultivo se comporta muy bien en climas fríos (mínima 7 °C), aunque la temperatura óptima oscila entre 13 y 24 °C, siendo la temperatura máxima de 30°C (Knott, 1962).

Este cultivo se establece por almácigo trasplante por raíz desnuda (lo más común) o raíz cubierta (plantines elaborados en bandejas). Este período puede demorar hasta 12 semanas antes del trasplante, hasta que la plántula alcance el grosor de un lápiz en el cuello. En evaluaciones realizadas por INIA Carillanca en Vilcún y Padre Las Casas (Programa GORE-INIA), la siembra de almácigos a mediados de junio y trasplante a fines de septiembre o primera semana de octubre mostró excelentes resultados de rendimiento y calidad del producto, siendo cosechado a mediados de enero. Al realizar el trasplante en el mes de enero demora mayor tiempo de desarrollo en el campo, siendo cosechados en mayo-junio. En el cuadro 3 se muestra el resumen de las épocas de trasplante del puerro en diferentes zonas agroecológicas de la Región de La Araucanía.

Cuadro 3. Épocas de trasplante del puerro en diferentes zonas de La Araucanía (Kehr y Bastías, 2016)

Zonas agroecológicas	Inicio	Fin	Época
Valle central	Octubre	Noviembre	Primavera-verano
Precordillera	Octubre	Noviembre	Primavera-verano
Secano Costero	Febrero	Marzo	Otoño-invierno
Secano Interior	Febrero	Marzo	Otoño-Invierno

El ciclo de crecimiento y desarrollo del puerro comienza desde la semilla (Figura 2). Luego de la etapa de crecimiento, este va a cosecha para la comercialización en fresco. Si se decide dejar las plantas para cosechar semilla, el ciclo se prolonga hasta su término.

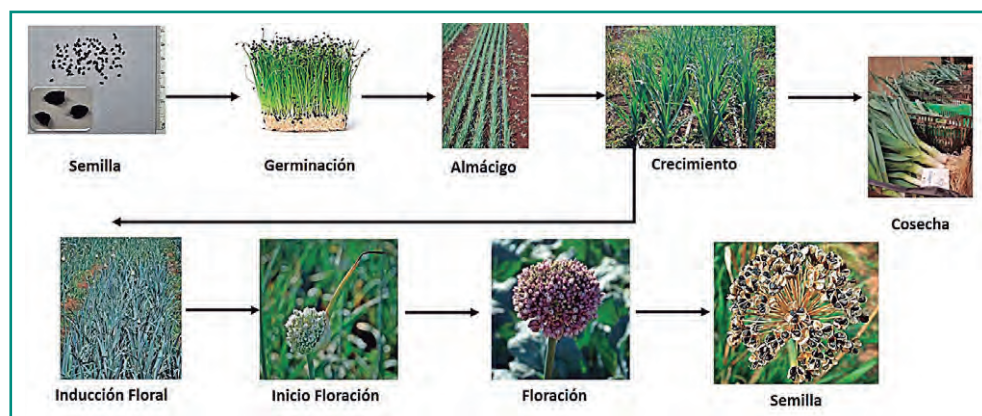


Figura 2. Ciclo de crecimiento y desarrollo del puerro (fenología del puerro)

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

Para la producción de almácigo, se utiliza una dosis de 8 a 10 g/m² de semilla para alcanzar aproximadamente 800 plántulas/m² y establecer una población de 300 a 350 mil plantas/ha. Esta necesidad de semilla se cubre con 2,5 a 3,0 kg/ha. Para la obtención de las plántulas, se confeccionan camas de 1,2 m de ancho, incluyendo separaciones entre ellas y trasplantar en 4 a 5 hileras por mesa. También se puede cultivar en surcos y camellones de 0,5 a 0,6 m entre hileras, variando en ambos casos la distancia sobre hilera para acondicionar la población deseada, idealmente con 4 hileras por mesa a 0,25 m entre hileras y 0,07 m sobre hilera.

Necesidades hídricas

Este cultivo en otoño-invierno es más bien de secano, dependiendo de las precipitaciones, pero en primavera-verano es necesario regar, idealmente con riego presurizado. Estudios europeos en riego recomiendan 8 mm/semana en las primeras seis semanas después del trasplante, luego se debe regar con 40 mm/semana (Vidal *et al.*, 2017).

En el cuadro 4 se presentan las necesidades hídricas estimadas del cultivo de puerro en la Región de La Araucanía, mostradas como demanda bruta de agua por zona agroecológica. La metodología utilizada para el cálculo se indica en el Anexo 1.

Cuadro 4. Demanda bruta de agua (mm/ha) estimada del cultivo de puerro por zona agroecológica en la Región de La Araucanía (Kehr y Bastías, 2016)

Zonas agroecológicas	Época	Mes de siembra	Demanda bruta (mm/ha*)
Precordillera	Primavera-verano	Octubre	345
		Noviembre	552
Valle central	Primavera-verano	Octubre	320
		Noviembre	509
Secano interior	Otoño-invierno	Febrero	358
		Marzo	253
Valle central	Otoño-invierno	Febrero	271
		Marzo	175

*: 1 mm/ha es igual a 10 m³/ha.

Necesidades nutricionales

Una tonelada de puerro cosechada extrae 3,5 kg de nitrógeno, 2,0 kg de P₂O₅ y 4,0 kg de K₂O. Por lo tanto, si se espera un rendimiento de 20 t/ha, la extracción de nutrientes será de 70 kg de N, 40 de P₂O₅ y 80 kg de K₂O (Jacob y von Uesküll, 1973).

Manejo de enfermedades

El puerro es un cultivo bastante sano, son pocas las enfermedades reportadas por el SAG en Chile. Un listado y descripción de ellas se presenta en el cuadro 5.

Cuadro 5. Principales enfermedades reportadas en Chile en puerro (Acuña, 2008)

Fitopatógeno	Síntomas
<p><i>Botrytis allii</i></p> <p>podrición basal, podrición gris del cuello</p>	<p>Podrición blanda y acuosa del cuello y escamas inferiores de bulbos, con tejidos grisáceos y desarrollo de micelio gris castaño y esclerocios oscuros, duros y pequeños, de 1 - 5 mm diámetro, superficiales o algo hundidos entre los catáfilos y sobre los tejidos.</p> <p>Seca y momificado de bulbos.</p>
<p><i>Cladosporium allii</i> (sin. <i>Heterosporium allii</i>)</p> <p>mancha de la hoja</p>	<p>Manchas foliares elípticas, de 1- 4 cm diámetro, de color amarillento o gris, que se vuelven necróticas y presentan un micelio de color café oliváceo a café negruzco.</p>
<p><i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium solani</i> <i>Fusarium verticilloides</i></p> <p>fusariosis</p>	<p>Plantas con follaje amarillento o clorótico, seguido de necrosis de las hojas basales; raíces con podrición y coloración gris o rosada. Podrición blanda de bulbos, con decoloración café desde la base de los catáfilos, con posterior podrición seca y desarrollo de micelio y conidias del hongo.</p>
<p><i>Penicillium corymbiferum</i> (sin. <i>Penicillium hirsutum</i>)</p> <p>moho azul del ajo</p>	<p>Bulbos con lesiones de color café claro, hundidas, bajo la túnica protectora de los dientes, por moho verde azulado.</p>
<p><i>Peronospora destructor</i></p> <p>mildiu</p>	<p>En las hojas nuevas aparecen unas manchas alargadas que tienen color violáceo y después aparecen quemadas. Las puntas de las hojas mueren totalmente y los bulbos no llegan a madurar. Si las condiciones de humedad se mantienen se expandirá el mildiu por todo el cultivo.</p>
<p><i>Puccinia allii</i></p> <p>roya</p>	<p>Pústulas ovaladas a alargadas, anaranjadas y pulverulentas, de 0,3 a 8mm longitud y con halo clorótico (uredosoros), sobre hojas, tallos y brácteas florales.</p> <p>Pústulas negras en hojas envejecidas.</p>
<p><i>Pyrenochaeta terrestris</i> (sin. <i>Phoma terrestris</i>)</p> <p>raíz rosada de la cebolla</p>	<p>Caída de plántulas. Marchitez foliar de plantas adultas. Raíces muertas, con podrición de los tejidos y lesiones alargadas de color rosado a café rojizo.</p>
<p><i>Rhizoctonia</i> sp.</p> <p>rizoconiasis</p>	<p>Plantas con clorosis y necrosis foliar. Podrición del cuello y raíces; caída de plántulas.</p>
<p><i>Sclerotium cepivorum</i></p> <p>podrición blanca</p>	<p>Amarillamiento y marchitez del follaje. Podrición radicular y podrición acuosa del bulbo, con desarrollo de micelio blanco y pequeños esclerocios negros.</p>

Fitopatógeno	Síntomas
<i>Stemphylium botryosum</i> (tel. <i>Pleospora herbarum</i> = <i>P. tarda</i>) <i>Stemphylium vesicarium</i> (tel. <i>Pleospora allii</i>) mancha de la hoja	Manchas en hojas y tallos de color café claro, ovales, 3 a 8 mm diámetro, que pueden coalescer y volverse necróticas; desarrollo de micelio verde oliváceo sobre tejidos necróticos.
Iris yellow spot virus (IYSV) Virus de la mancha amarilla del iris Leek yellow stripe virus (LYSV) Virus del estriado amarillo del puerro Onion yellow dwarf virus (OYDV) Virus del enanismo amarillo de la cebolla	Follaje con moteado, mosaico y /o manchas cloróticas a amarillentas; manchas necróticas en escapos florales. Moteado verde, mosaico y estrías amarillas en hojas; flacidez foliar generalizada. Enanismo de plantas y menor calibre de bulbos.

En general, el puerro tiene problemas sanitarios similares a la cebolla y ajo. En el cuadro 6 se muestran las enfermedades y productos químicos autorizados por el SAG para su control en este cultivo.

Cuadro 6. Principales enfermedades y control químico en puerro (SAG, 2022)

Ingrediente activo	Botritis ¹	Roya ²	Mildiu ³
Clorotalonilo	X	X	X
Mancozeb		X	X
Metalaxilo/Mancozeb			X
<i>Bacillus subtilis</i> Cepa QST 713	X		X
Clorhidrato de Propamocarb/Cimoxanilo			X
Azoxistrobina		X	X
Azoxistrobina/Difenoconazol			X
Clorhidrato de Propamocarb	Caída de plántulas		

¹ *Botrytis cinerea*; ² *Puccinia allii*; ³ *Peronospora destructor*.

Manejo de plagas

En el caso de plagas, trips, mosca de la cebolla y pulgones que son los principales problemas, pueden ser controlados con productos como Hidrogenooxalato de tiociclam (Evisect 50SP), Imidacloprid/Deltametrina (Muralla Delta 190 OD) o Acetamiprid/Lambda Cihalotrina (Gladiador 450 WP, Kanda, Juno 45 % WP), los cuales están en el listado de productos autorizados por el SAG en el cultivo de puerro.

Manejo de malezas

El control de malezas se inicia con una buena preparación de suelos antes del establecimiento del cultivo, tal como se mencionó anteriormente. También es importante la rotación de cultivos, tanto para disminuir la incidencia de plagas y enfermedades, como de malezas que afectan el rendimiento y calidad del cultivo. Las alternativas de control químico son pocas de acuerdo al listado oficial del SAG (www.sag.gob.cl), donde se puede usar herbicidas sistémicos en pre-trasplante como Glifosato isopropilamonio (Rango 480 SL, Glifoglex 480 SL) o Glifosato monoamonio (Rango 75 WG, Rangoclan 75 WG). Ambos, no son selectivos, por lo que es necesario aplicar con las mayores precauciones si hay otros cultivos alrededor. En pre siembra de almácigo, incorporando con un rotovator y también en pre trasplante se puede aplicar el herbicida sistémico residual Pendimetalina (Spectro 33EC, Herbadox 45SC, Spectro 40EC, Drakkar, Oriol 400EC, Mazik, Pendiclan 33EC). Una labor de cultivo entre hileras antes de que cierre el follaje y cause daño es recomendable, porque, además, al aporcar la planta se incrementa la parte blanca de la caña del puerro dando una mejor presentación comercial.

Índice de cosecha

El índice de cosecha de este cultivo está dado por el grosor del bulbo. La cosecha se realiza a los 120 a 180 días dependiendo de la época de trasplante, con plantas que tengan unos 25 mm de grosor (Saavedra *et al.*, 2021).

Poscosecha

Los puerros cosechados no deben permanecer por mucho tiempo a pleno sol, debido a que se deshidratan perdiendo peso, especialmente, en cosechas de verano, importante cuando el destino es agroindustria. Aunque en general, en este cultivo, la pérdida de peso no es de suma importancia, porque se comercializa en paquetes o unidades, pero sí es muy trascendental el deterioro visual del producto.

En unidades demostrativas del Programa GORE-INIA Hortalizas, se realizó una evaluación de pérdida de peso, poniendo una muestra de puerros recién cosechados por 2 y 4 horas a pleno sol y a la sombra bajo malla raschel. Los resultados se presentan en el cuadro 7, donde se observan las diferencias entre las condiciones evaluadas. En promedio, a las dos horas hubo una diferencia de 6,1 % entre la exposición al sol respecto de la sombra, mientras que

a las cuatro horas fue de solo 1,1 %, resultado que indica que la mayor pérdida de peso se produce en las primeras horas después de cosechado el producto.

En cuanto al efecto varietal, el puerro Azul de Maquehue fue el que en promedio presentó la menor diferencia entre sol y sombra, solo 1,6 % de pérdida de peso, mientras que la variedad Carentan fue la de mayor pérdida con una diferencia de 10,1 % a las dos horas de exposición. A las cuatro horas, las diferencias fueron mínimas, no teniendo Azul de Maquehue diferencia entre sol y sombra, pero Carentan tuvo solo 2,3 % de diferencia en peso.

Cuadro 7. Pérdida de peso (%) de puerro dispuesto a pleno sol y bajo malla raschel en tres localidades de la Región de La Araucanía

Localidad	Tiempo	Carentan		Puerro Azul		Monstruoso de Carentan	
		Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol	Sombra
INIA Carillanca	2 hr	13,4	3,1	6,6	4,0	9,7	3,1
Maquehue	2 hr	22,6	6,7	11,0	8,7	16,9	7,7
Chol Chol	2 hr	4,3	0,0	2,2	2,1	2,9	0,0
INIA Carillanca	4 hr	14,7	13,5	10,8	14,5	15,9	18,0
Maquehue	4 hr	1,4	0,0	0,7	0,7	1,0	0,0
Cholchol	4 hr	4,3	0,0	6,7	4,2	5,7	0,0

Productividad

El puerro es un tipo de cultivo donde la decisión de cosecha está dada por el grosor del bulbo dependiendo de la demanda del mercado, pero se puede cosechar antes o dejar el cultivo en el suelo por un período mayor. En La Araucanía, este cultivo se comporta muy bien, cosechándose un producto de muy buena calidad. En promedio de varias zonas agroecológicas donde se instalaron unidades demostrativas dentro del marco del programa GORE-INIA Hortalizas, la suma térmica fue de 1.152 ± 152 grados día acumulados para llegar a estado de cosecha. Extrapolando esta información, fue posible obtener una buena aproximación de fecha de cosecha en otros territorios, como se muestra en el cuadro 8.

Cuadro 8. Épocas de cosecha de puerro según fecha de siembra y grados-días acumulados para cinco territorios de la Región de La Araucanía

Zona Agroecológica/ Comuna	Mes de siembra	Período de cosecha	Mes de siembra	Período de cosecha
Secano interior: Chol Chol	Febrero	Fines de julio	Marzo	2ª quincena de octubre
Valle central: Temuco	Octubre	1ª quincena de febrero	Noviembre	Mediados de febrero
Valle central: Maquehue	Octubre	1ª quincena de febrero	Noviembre	2ª quincena de febrero
Cautín sur: Freire	Octubre	1ª quincena de febrero	Noviembre	Fines de febrero
Precordillera: Vilcún	Octubre	1ª quincena de febrero	Noviembre	Fines de febrero
Secano costero: Tranapunte	Febrero	Mediados de julio	Marzo	Mediados de septiembre
Malleco sur: Renaico	Octubre	Mediados de enero	Noviembre	Fines de enero

Rendimiento

El rendimiento esperado a cosecha está entre 20 y 30 t/ha. Estos resultados fueron corroborados en la temporada 2020/2021, donde INIA Carillanca ejecutó dos unidades demostrativas en la región, una en Vilcún (precordillera) y otra en Padre Las Casas sector Maquehue (valle central) evaluando tres variedades de puerro, cuyos resultados de rendimiento se muestran en el cuadro 9, el rendimiento promedio general fue de 18 t/ha, y el peso promedio de bulbo individual estuvo entre 188 y 191 g.

Cuadro 9. Rendimiento de puerro (t/ha) para diferentes variedades en dos territorios de la Región de La Araucanía durante la temporada 2020/2021

Variedad/tipo	Maquehue	Vilcún
Carentan	19,8	14,0
Monstruoso de Carentan	14,1	22,3
Azul de Maquehue	14,7	20,6

Rendimiento industrial

La industrialización del puerro se circunscribe, prácticamente, al deshidratado y algo de congelado, por eso es importante el contenido de materia seca del bulbo para rendimiento industrial y el contenido de sólidos solubles para sabor.

En las evaluaciones realizadas para las unidades demostrativas del Programa GORE-INIA Hortalizas se obtuvo un promedio de 18 % de materia seca, siendo la variedad Monstruoso de Carentan la que presentó el mayor porcentaje de materia seca con un promedio de 21%. El territorio de precordillera con Monstruoso de Carentan tuvo la mejor combinación respecto al contenido de materia seca con un promedio de 24 %.

Respecto al contenido de sólidos solubles, el promedio fue de 15°Brix en todas las muestras realizadas sin diferencias significativas entre variedades.

Valor nutricional y nutracéutico

El puerro es una hortaliza fibrosa, que aporta pocas calorías y una gran cantidad de agua, carbohidratos, fibra, vitamina C, carotenos y minerales, como potasio, hierro y calcio (Fiit, 2022).

Dentro de las hortalizas fibrosas, el puerro pertenece al grupo de los de color verde. La única diferencia entre los vegetales de diferentes colores es el aporte de vitaminas y minerales. Es por esto que el consumo de vegetales fibrosos debe ser variado, es decir, variando colores y texturas (Fiit, 2022).

Los vegetales verdes (apio, perejil, brócoli, repollo de bruselas, lechuga, espinaca, acelga, espárrago, pepino, zapallo italiano) fortalecen el sistema inmunológico, estimulan la eliminación normal de desechos, mejoran la absorción de nutrientes de las comidas, aceleran el metabolismo, fomentan el descenso de grasa corporal y muchos beneficios más (Fiit, 2022). En el cuadro 10 se muestran los contenidos nutricionales de 100 g de puerro sin cocinar.

Cuadro 10. Contenido nutricional de 100 g de puerro crudo (Dietas.net, 2022)

Aporte	Unidad	Valor
Energía	Kcal	29,0
Proteínas	g	2,19
Hidratos de carbono	g	3,26
Fibra	g	2,27
Grasa total	g	0,29

En cuanto al aporte de minerales, estos se señalan en el cuadro 11 y el de vitaminas en el cuadro 12.

Cuadro 11. Contenido de minerales de 100 g de puerro crudo (Dietas.net, 2022)

Aporte	Unidad	Valor
Calcio	mg	63,0
Hierro	mg	0,81
Magnesio	mg	16,0
Zinc	mg	0,31
Selenio	μg	0,76
Sodio	mg	4,4
Potasio	mg	267,0
Fósforo	mg	10,0
Yodo	mg	8,6

Cuadro 12. Contenido de vitaminas de 100 g de puerro crudo (Dietas.net, 2022)

Aporte	Unidad	Valor
B1 Tiamina	mg	0,09
B2 Riboflavina	mg	0,07
Eq. Niacina	mg	0,77
B6 Piridoxina	mg	0,26
Ac. Fólico	μg	103,0
C Ac. Ascórbico	mg	26,0
Carotenoides	μg	739,0
A Eq. Retinol	μg	123,2

Referencias

Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712>

Berninger, E. y Buret, P. 1967. Étude des déficients chlorophylliens chez deux espèces cultivées du genre *Allium*: l'oignon *A. cepa* L. et le poireau *A. porrum*. Annales de l'Amélioration des Plantes. 17: 175-194.

Censo Agropecuario. 2021. Sección 9, hortalizas. <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/economia/agricultura-agroindustria-y-pesca/censos-agropecuarios>

De Clercq, H. y van Bockstaele, E. 2002. 18 Leek: Advances in breeding and agronomy. En: Rabinowitch, H. D. y Currah, L. (Eds). Allium Crop Science: Recent Advances. CAB International. 431-458.

Dietas.net. 2022. Calorías en puerro, verduras frescas. En: <https://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/verduras-y-hortalizas/verduras-frescas/puerro.html>

Fiit. 2022. Puerro: carbohidratos fibrosos. En: <https://www.nutricionyentrenamiento.fit/alimento-fiit/288-puerro/>

Gray, D., Steckel, J. R. A. y Hands, L. J. 1992. Leek (*Allium porrum* L.) seed development and germination. Seed Science Research. 2(2): 89-95. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960258500001185>

Jacob, A. y von Uesküll, H. R. 1973. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. México, Euroamericanas. 4ª edición. 626 pp.

Kehr, E. y Bastías, M. 2016. Puerros. En: Kehr, E. y Leal, Y. (eds.) (2016) Fichas Técnicas: Rubros agropecuarios de interés para sistemas productivos de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 330. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6557> (Consultado: 16 noviembre 2022). 71-76.

Knott, J. E. 1962. Handbook for Vegetable Growers. Willey & Sons Inc. (Rev. Pr.). Nueva York - Londres - Sidney. 630 pp. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470121474>

Saavedra, G., Bastías, M., Kehr, E., Fontanilla, C. y Sandoval, B. (2021-11) El cultivo del puerro en la Región de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Informativo INIA Carillanca N° 143. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68303> (Consultado: 30 noviembre 2022).

SAG. 2022. Lista de plaguicidas con autorización vigente al 11 de octubre 2022. En: www.sag.cl

Vavilov, N. I. 1994. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press. 340-344. DOI: <https://doi.org/10.3366/anh.1994.21.1.142a>

Vidal, A., Sanjuan, J., Ferrándiz, J.C., Camañez, M.C., Muñoz, P., Bartolomé, P., Domene, R. y Sanjuan, S. 2017. Puerro. En: Maroto, J. V. y Baixauli, C. (Eds.). 2017. Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural, Almería, España. Serie Agricultura 13. 223-236.

Zanahoria

Daucus carota L., var. sativus Hoffm.

Gabriel Saavedra Del Real, Ing. Agrónomo MSc, PhD



Centro de origen y características botánicas

La zanahoria pertenece a la antigua familia *Apiaceae* (antigua Umbelliferae). Esta raíz es la hortaliza de mayor siembra y producción en el mundo.

Rubatzky *et al.* (1999) separan las zanahorias cultivadas en dos tipos:

- **Asiáticas u orientales:** son las clasificadas como *Daucus carota* L., var. *atrorubens*. Este tipo contiene antocianinas (color rojizo-púrpura o amarillo). Además, la raíz se puede ramificar. Las hojas son pubescentes lo cual le da un color verde grisáceo, con tendencia a florecer temprano.
- **Occidentales:** se clasifican como *Daucus carota* L., var. *sativus*. Estas tienen raíces de color naranja, amarillo, rojo o blanco, hojas verdes menos pubescentes y menor tendencia a florecer temprano sin exposición prolongada a bajas temperaturas.

Vavilov (1994) indica la presencia de zanahoria silvestre como una maleza común en viñedos y jardines de hortalizas en Afganistán y Turkestán (Asia Central). Además, él asume que el principal centro de origen de las zanahorias de tipo asiático fue el Asia interior, que comprende el noroeste de India (Punjab y Kashemira), Afganistán, Tadjikistán y Uzbekistán, así como el oeste de Tien-Shan. En el caso de las de tipo occidental, considera como centro de origen al Asia Menor, como Transcaucasia, Irán y Turkmenistán, pero primariamente Turquía.

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

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

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

se produce la inducción floral, este tallo se alarga y produce una inflorescencia llamada umbela (Rubatzky *et al.*, 1999).

Las primeras hojas verdaderas salen, aproximadamente, después de 10-15 días con una hoja nueva desarrollándose en el mismo intervalo durante la mayoría del crecimiento activo. Las hojas y la roseta basal son alternas y compuestas (Figura 2). Las hojas nuevas se desarrollan en forma centripétala en una espiral dentro de la formación básica de los pecíolos precedentes. Las hojas tienen los pecíolos largos, dobles o triplemente pinnadas-partidas. Hojas oblongas con segmentos lineares a lanceolados y pecíolos ensanchados en la base. Foliolos en 3 a 7 pares por segmento, más uno terminal, lineares lanceolados, con el borde entero o denticulado, el ápice agudo mucronado y lampiño a hispido especialmente en nervaduras y bordes (Alessandro, 2013).

La raíz es un órgano de almacenamiento compuesto por un floema parenquimatoso y xilema penetrada por tejido vascular con secciones de cambium juntándose todo en un cilindro (Rubatzky y otros, 1999). Las zanahorias de mejor calidad son aquellas que poseen una mayor cantidad de floema respecto al xilema. La forma de la raíz de las zanahorias es cónica, pero la forma de punta cilíndrica, redonda, entre otras, aparecen en varios cultivares (Figura 1).

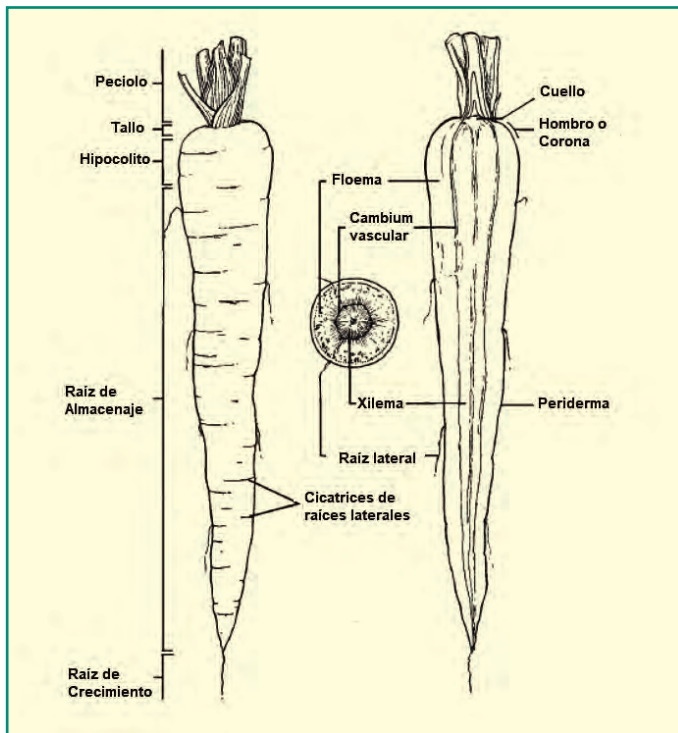


Figura 1. Partes de la raíz de zanahoria y corte transversal. (Adaptado de Rubatzky *et al.*, 1999)

La iniciación floral en zanahoria involucra algunos cambios morfológicos del meristema apical plano en el tallo que produce hojas a un meristema cónico más levantado capaz de producir la elongación del tallo y una inflorescencia (Borthwick y otros, 1931). El tallo floral se desarrolla a partir de la yema central de la corona, alcanzando una altura de 1 a 1,5 metros, el cual termina en una inflorescencia llamada umbela.

Las flores de la zanahoria son perfectas, pequeñas y blancas, ocasionalmente blanco verdosas o amarillo pálido (Figura 2). Es una planta andromonoica, cuyas flores consisten de 5 pétalos, 5 estambres y un cáliz completo. El desarrollo floral es protoándrico, por lo tanto, los estambres y la umbela en cada flor maduran un par de días antes que los pistilos estén receptivos, por lo tanto, la polinización cruzada ocurre con más frecuencia que la autopolinización de los estilos pareados. (Rubatzky *et al.*, 1999).

El fruto es un esquizocarpo o diaquenio, dos aquenios aplanados en la cara de la unión. Los dos mericarpios se separan a la madurez y cada uno constituye lo que comúnmente se denomina semilla. El tamaño de las semillas puede variar y fluctuar entre menos de 500 a más de 1.000 semillas por gramo. La mayoría de las semillas no son viables y sólo un 10 % llegará a planta adulta (Alessandro, 2013).

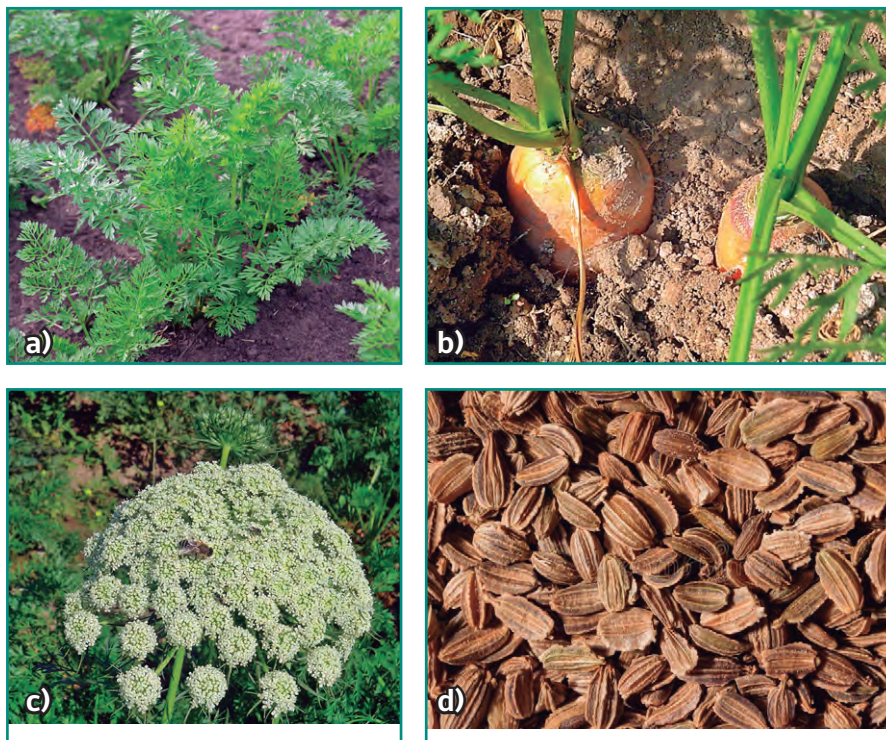


Figura 2. Diferentes órganos de una planta de zanahoria: (a) hoja, (b) cuello de la planta, (c) umbela, (d) fruto-semilla

Esta especie tiene varios tipos de raíces, con tamaño, formas y ápice radicular. Cada tipo tiene características de uso, algunos son para consumo fresco y otros para la agroindustria. Los más comunes que se usan en el país son los tipos Chantenay y Nantes, de polinización abierta e híbridos, pero además zanahorias de color para uso industrial. Una descripción visual de los principales tipos se presenta en la figura 3: Nantesa (4), forma cilíndrica, punta roma y de unos 20 cm de largo; Danvers (6), forma cónica, punta aguda de unos 20 cm de largo; Chantenay (5), forma cónica, gruesa en el cuello, de punta aguda de unos 15 cm de largo; Imperator (9) muy larga, de unos 30 cm, cónica y punta aguda.

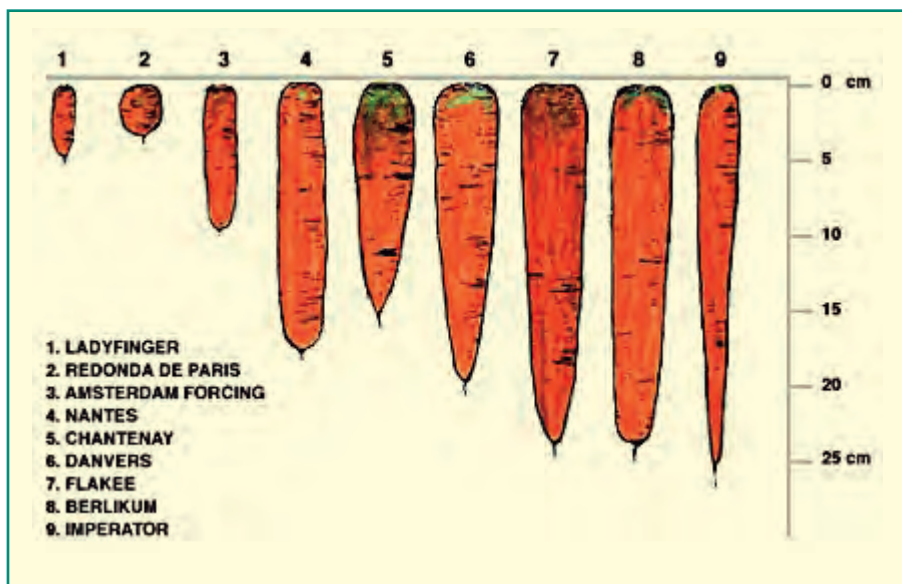


Figura 3. Formatos según tipos de zanahoria (Fuente: Castelseras, 2022)

Cada tipo de zanahoria tiene formas, tamaños y propósitos de uso (Figura 4), así es como Chantenay es de doble propósito (consumo fresco y uso para procesamiento) y la más comúnmente sembrada en Chile. Nantesa de doble propósito con variaciones de colores, de uso común en el país. Imperator es para consumo fresco, de uso muy difundido en otros países, pero no en Chile. Paris, zanahoria pequeña redonda de uso para consumo fresco, en el país se siembra como una planta exótica por su forma. Danvers, zanahoria de doble propósito, muy poco sembrada en Chile. Flakee y Amsterdam para uso industrial, principalmente usadas en Europa para procesamiento de jugos naturales (Saavedra, 2019).



Figura 4. Tipos de zanahorias (Fuente, Zanahoria: Boletín 411 INIA, Hortalizas para procesamiento)

Estadísticas productivas regionales

En Chile en los últimos 14 años, en promedio se han sembrado 3.641 hectáreas de zanahoria (cercano al 5,0 % de la superficie total nacional). Estas cifras la ubican en el séptimo lugar en superficie comparado a todas las hortalizas (ODEPA, 2022). En la temporada 2020/2021, 2.555 hectáreas fueron sembradas en el país, siendo las principales regiones productoras la Región Metropolitana y Valparaíso con 41,8 y 24,3 %, respectivamente. Entre ambas suman 66 % de la superficie. En La Araucanía se sembraron 111 hectáreas (representando el 4,3 % de la superficie total nacional) (Cuadro 1).

En la Región de La Araucanía, la tendencia de los últimos años ha sido a la baja en superficie sembrada con zanahoria, tal como se observa en la figura 5.

Cuadro 1. Superficie nacional y regional sembrada con zanahoria, temporada 2020/2021. (ODEPA, 2022)

Región	Hectáreas	Porcentaje (%)
Coquimbo	156,0	6,1%
Valparaíso	620,1	24,3%
Metropolitana	1.067,4	41,8%
O'Higgins	8,5	0,3%
Ñuble	103,4	4,0%
Biobío	153,0	6,0%
La Araucanía	110,7	4,3%
Resto del país	335,6	13,1%
Total	2.554,7	100,0%

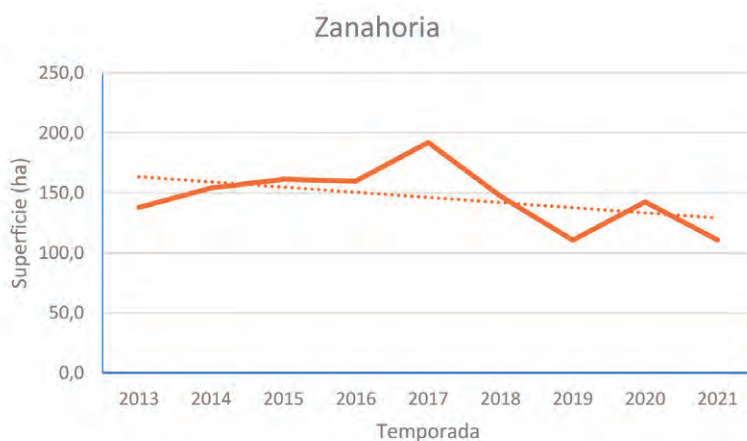


Figura 5. Superficie sembrada con zanahoria en la Región de La Araucanía en los últimos 9 años (ODEPA, 2022)

En la temporada 2017 se produjo la mayor superficie sembrada con 192 hectáreas, pero además venía una tendencia cercana a 150 hectáreas en los años previos. Las temporadas 2019/2020 y 2020/2021 tuvieron una seria baja en superficie debido a la emergencia sanitaria que limitó el transporte de productos y movimiento de personas (MINSAL, 2022).

En cuanto al volumen de venta de zanahoria provenientes de La Araucanía es de alrededor de 8,5 millones de kilos, o sea unos 425 mil sacos de 20 kg, con un precio promedio de \$280 por kilo en valor real. Los meses de mayor oferta desde La Araucanía son junio, julio y agosto, pero los mejores precios se obtienen en los meses de octubre, diciembre y enero.

Requerimientos agroclimáticos, época de siembra y ciclo de desarrollo

La zanahoria es una especie que posee la cualidad de adaptarse bien a diferentes ambientes dependiendo del cultivar o variedad.

La germinación es lenta y disparea debido a la diferente maduración del embrión, que está influenciado por la posición de la flor en la umbela. La humedad y temperatura son fundamentales para la germinación de la semilla, siendo la temperatura óptima del suelo 26 °C, la máxima es de 35 °C demorando la germinación alrededor de 9 días, mientras que la mínima de 5 °C demora 51 días (Rubatzky *et al.*, 1999).

En este cultivo, la temperatura del aire tiene un efecto importante en los períodos de crecimiento y desarrollo de la planta, siendo la óptima entre 15 y 21 °C. Sin embargo, el rendimiento y calidad se ve afectada con temperaturas del aire promedio sobre 25 °C o temperaturas del aire bajo 10 °C. Así, las temperaturas del aire bajas, además de la posibilidad de inducir floración prematura, reducen el tamaño de la planta y las características de calidad. Temperatura del aire sobre 25 °C favorece el desarrollo vegetativo en desmedro del crecimiento de la raíz. Sin embargo, si la temperatura del aire sube a 30°C limita el crecimiento vegetativo. Si éste es prolongado, afecta el color, sabor y textura de la raíz. Su cero vegetativo se establece en 7 °C (Vidal *et al.*, 2017).

La forma de las raíces varía de acuerdo a la temperatura promedio ambiental, con 12 a 13 °C tienden a crecer largas y delgadas, mientras que con 24 °C son cortas y gruesas. Temperaturas alternativas día/noche bajas (7 °C) y moderadas (18 °C) tienden a producir raíces largas y delgadas comparadas con las producidas a temperaturas constantes de 18 °C o mayores (Vidal *et al.*, 2017).

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

Un problema común en el cultivo de zanahoria es la floración prematura inducida por baja temperatura. Esta condición de temperatura no afecta a plantas en estado juvenil, puesto que no son sensibles a la vernalización, sin embargo, esta condición termina en plantas con 8 a 12 hojas verdaderas y con raíz de más de 4 a 8 mm de diámetro, aunque el nivel de respuesta es dependiente del cultivar que se trate (Rubatzky *et al.*, 1999). La exposición

por 2 a 8 semanas a temperatura constante entre 0 y 10 °C es suficiente para vernalizar la zanahoria e inducir la emisión del tallo floral (Dickson y Peterson, 1958).

La época de siembra en la Región de La Araucanía tiene algunas leves diferencias entre territorios, especialmente en secoano, donde la siembra es más temprana para aprovechar la humedad del suelo acumulada durante el invierno (Cuadro 2).

Cuadro 2. Épocas de siembra de zanahoria en la Región de La Araucanía (Kehr y Bastías, 2016)

Zona agroecológica	Inicio	Fin
Secano interior	01 septiembre	30 noviembre
Secano costero	01 septiembre	30 noviembre
Valle central	01 octubre	30 diciembre
Precordillera	01 octubre	30 diciembre

El ciclo de desarrollo puede tomar entre 110 y 130 días en la región. En la figura 6 se muestran los estados de desarrollo de la raíz del cultivo y los días aproximados en llegar a ese estado.

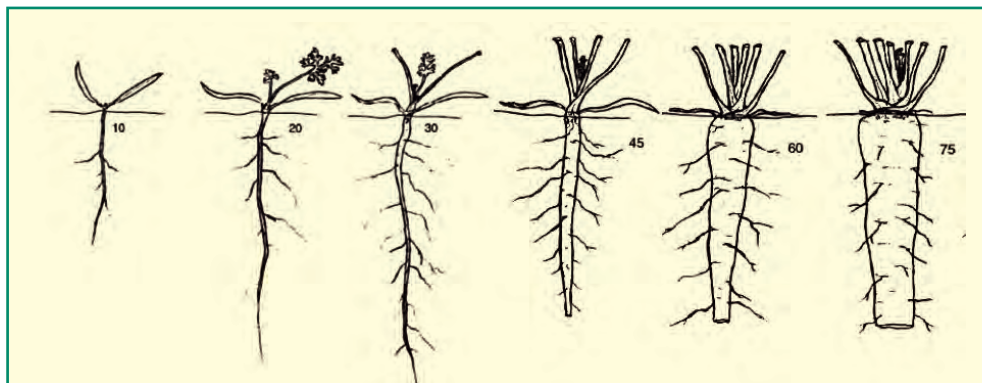


Figura 6. Ciclo de desarrollo de la planta de zanahoria (Adaptado de Rubatzky et al., 1999)

Agronomía del cultivo

Distribución espacial y población

El cultivo de zanahoria se establece en siembra directa, por lo que la preparación del suelo debe ser realizada en profundidad, y mullida en la superficie, ya que la semilla es pequeña, incluso si es peletizada, o sea recubierta. La dosis de semilla fluctúa desde 2,5 a 3,0 kg/ha (400 a 450 mil plantas útiles). En general se estima que en 10 g de semilla hay 7 mil a 8 mil plantas útiles, con 500 a 1.000 semillas por gramo. La siembra se recomienda hacerla en mesas de 1,2 m de ancho, sembrando 6 hileras por mesa, idealmente de manera mecanizada con sembradoras de semillas hortícolas. Previamente se debe realizar una muy buena preparación de suelos, dejando el suelo mullido para facilitar la siembra. Por ser una semilla muy pequeña, este cultivo no es un buen competidor con malezas en los primeros estados de desarrollo, por lo tanto, se debe realizar un manejo muy estricto de malezas durante este periodo, usando idealmente, herbicidas autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) (Saavedra *et al.*, 2022).

La densidad de siembra permite atenuar o acentuar ciertas características de la raíz. Con una densidad elevada, la precocidad y el calibre medio de las raíces disminuye. Al contrario, una densidad baja facilita la precocidad, la longitud y el calibre. Por esa razón se recomienda bajar la densidad para las zanahorias precoces, en contraste con las siembras correspondientes a las cosechas de ciclo medio o tardío, donde se puede aumentar el número de semilla por metro lineal (Vidal *et al.*, 2017).

Necesidades hídricas

Este cultivo requiere de riego durante todo su desarrollo. En La Araucanía se riega por aspersión, pero es recomendable usar riego presurizado por cintas o por aspersión. En el Cuadro 3 se muestra la demanda bruta de agua aplicada estimada por zona agroecológica, lo que permite calcular las necesidades de agua para la temporada (Saavedra *et al.*, 2022). La metodología utilizada para el cálculo se indica en el Anexo 1.

Cuadro 3. Demanda bruta de agua (mm/ha) por zona agroecológica en la Región de La Araucanía

Zona agroecológica	Mes siembra	Inicio cosecha	Demanda Bruta (mm/ha)
Secano costero	Septiembre	Febrero	712
	Octubre	Marzo	598
	Noviembre	Abril	604
Secano interior	Septiembre	Febrero	828
	Octubre	Marzo	782
	Noviembre	Abril	737
Valle central	Octubre	Febrero	631
	Noviembre	Marzo	592
	Diciembre	Abril	483
Precordillera	Octubre	Febrero	644
	Noviembre	Marzo	646
	Diciembre	Abril	530

Necesidades nutricionales

La fertilización de la zanahoria tiene que ser balanceada, de manera de no afectar su rendimiento y calidad. Dosis altas de nitrógeno no solo incrementan el porcentaje de raíces bifurcadas y deformes, sino que pueden incrementar el contenido de nitratos en las raíces.

Evaluaciones realizadas por INIA Carillanca en La Araucanía sugieren aplicaciones de 150–180 kg de nitrógeno, 180–200 kg de P_2O_5 y 200–250 kg de K_2O por hectárea. La mitad del nitrógeno debe ser aplicado con una altura de planta de 10 a 15 cm, y la segunda mitad 25 a 30 días después. El fósforo y potasio se incorporan antes de la siembra, junto con micronutrientes deficitarios en el suelo, tales como boro, magnesio y manganeso. En caso de déficit de calcio y con pH menor a 6,0 des necesario incorporar cal (Kehr y Bórquez, 2010). En la zona sur, donde por lo general los suelos tienen tendencia a ser ácidos, se debe usar siempre la dosis más alta de P_2O_5 , ya que este elemento es fijado en el suelo y su entrega a la planta es dificultosa.

Cuadro 4. Extracción de nutrientes por tonelada cosechada de raíces de zanahoria (Ciampitti y García, 2007)

Nutriente	Kilos por tonelada
Nitrógeno	2,4 a 3,0
Fósforo (P)	1,1 a 1,3
Fósforo (P ₂ O ₅)	2,5 a 3,0
Potasio (K)	4,6 a 7,0
Potasio (K ₂ O)	5,5 a 8,4

Basándose en el rendimiento esperado, más el aporte de nutrientes, según análisis de suelo, es posible calcular la fertilización necesaria para obtener cosechas económicamente rentables.

Manejo de enfermedades

La zanahoria es un cultivo relativamente sano. Sin embargo, hay algunas enfermedades que aparecen y deben ser controladas preventivamente (manejo cultural), o a través del control químico. En el cuadro 5 se presentan las principales enfermedades descritas en Chile (Acuña, 2008).

Cuadro 5. Listado de enfermedades descritas para el cultivo de la zanahoria en Chile (Acuña, 2008)

FITOPATÓGENO	SÍNTOMAS
<i>Alternaria alternata</i> mancha de la hoja	Manchas foliares café y necrosadas, a veces anilladas. Pudrición de semillas.
<i>Alternaria dauci</i> tizón de la hoja	Hojas con pequeñas manchas café verdoso e irregulares, luego necróticas y de color café a negro con borde amarillento, principalmente en hojas basales y pecíolos. Tizón del follaje. Caída de plántulas.
<i>Alternaria radicina</i> (<i>sin. Stemphylium radicum</i>) pudrición negra de la raíz	Caída de plántulas en pre y post-emergencia. Plantas con clorosis y seca del follaje, asociadas a pudrición y necrosis de corona y raíces. Manchas necróticas en umbelas, tallos e inflorescencias. Raíz comestible con lesiones cancras oscuras, casi circulares, deprimidas y secas, a veces con pudrición húmeda y desarrollo de micelio verdoso del hongo.

FITOPATÓGENO	SÍNTOMAS
<i>Botrytis cinerea</i> pudrición gris de la raíz, tizón	Raíz comestible con zonas de tejido blando y acuoso, color café claro, asociadas a zonas dañadas, con desarrollo de micelio y esporas grisáceo del hongo en poscosecha. Tizón del follaje, con necrosis acuosa de los tejidos.
<i>Cercospora carotae</i> cercosporiosis	Manchas cafés, 1-1,5 mm diámetro, redondeadas, de bordes irregulares, dispersas en la lámina foliar o como manchas irregulares de 1 - 5 mm diámetro en los bordes de las hojas y en tallos florales. Presencia de estromas negros con micelio y conidias del hongo sobre las manchas.
<i>Cylindrocarpon destructans</i> pudrición de la raíz	Raíces con lesiones cancrosas, de color café oscuro a negro, con pudrición blanda en el ápice de la raíz y en zonas laterales.
<i>Erysiphe polygoni</i> (anam. <i>Oidium sp.</i>) oídio	Desarrollo de micelio y esporas blanco grisáceo en el envés de las hojas, pecíolos y tallos florales. Clorosis del follaje, a veces con senescencia prematura. Distorsión de flores.
<i>Erwinia carotovora subsp. carotovora</i> pudrición blanda, pudrición acuosa	Raíz comestible con lesiones acuosas y deprimidas, tejidos blandos de color gris a café, que se vuelven viscosos, generalmente con olor fétido, manteniendo la epidermis intacta.
<i>Fusarium avenaceum, F. moniliforme</i> (sin. <i>F. verticilloides</i>), <i>F. solani</i> , <i>F. oxysporum</i> <i>Fusarium sp.</i> pudrición radicular	Plantas cloróticas o amarillentas, más pequeñas, con pudrición blanda y/o necrosis de raíces y escasez de raicillas. Lesiones necróticas, pequeñas y rojizas u oscuras en el cuello de la planta. Pudrición seca y esponjosa en la parte superior de la raíz comestible, con desarrollo de micelio blanco o rosado, en campo y almacenaje.
<i>Macrophomina phaseolina</i> (anam. <i>Sclerotium bataticola</i>) pudrición cenicienta del tallo	Amarillez y marchitez de las plantas. Pudrición y necrosis de la base del tallo y raíces, con coloración cenicienta por presencia de numerosos microesclerocios negros.
<i>Mycocentrospora acerina</i> (sin. <i>Centrospora acerina</i>) pudrición negra o pudrición licorice	Raíz comestible con manchas necróticas, negruzcas y hundidas. Desarrollo de una pudrición progresiva acuosa, blanda y negra, con margen acuoso, de color café, principalmente en la corona de la raíz, a veces alrededor de las raíces laterales. Presencia de micelio superficial bajo condiciones de humedad.
<i>Pythium sp.</i> pudrición de la raíz	Raíz comestible con cavidades o lesiones internas deprimidas y elípticas. Pudrición blanda de los tejidos, con la epidermis intacta y grisácea.

FITOPATÓGENO	SÍNTOMAS
<i>Rhizoctonia solani</i> <i>Rhizoctonia sp.</i> rizoctoniasis	Plantas con follaje clorótico, luego necrosis apical, asociada a necrosis y pudrición de la corona y raíces de la planta. Raíces con lesiones deprimidas, secas, café oscuro. Presencia de canchales visibles cerca de la corona y ocasionalmente en la raíz comestible.
<i>Sclerotinia minor</i> <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> esclerotiniosis	Pudrición basal y radicular, que se inicia con pequeñas lesiones blandas y acuosas en la corona y raíces, con desintegración de los tejidos alrededor de la corona. Presencia de micelio blanco y algodonoso y esclerocios más pequeños y redondos o esclerocios grandes, negros, duros y de formas irregulares, según hongo.
<i>Sclerotium rolfsii</i> pudrición de raíces y corona	Plantas con marchitez desde hojas basales; necrosis de la parte basal del tallo. Raíz comestible con tejidos café claro, pudrición blanda, no acuosa y sin mal olor. Presencia de micelio blanco algodonoso y numerosos esclerocios redondos de color café a negro en los tejidos infectados y en el suelo alrededor.
<i>Thielaviopsis basicola</i> <i>(sin. Chalara elegans)</i> pudrición negra de la raíz	Raíz con manchas negras e irregulares, de 0,3-2 cm, ennegrecidas por masas de clamidosporas de color café a negro, asociadas a daños o quiebres de la raíz en el campo y poscosecha.
<i>Alfalfa mosaic virus (AfMV)</i> Virus del mosaico de la alfalfa	Mosaico amarillo o moteados cloróticos en hojas. Malformación foliar.

Es frecuente encontrar plantas con problemas de *Alternaria alternata* y *A. dauci*, ambas pueden estar presente en la semilla dependiendo de su procedencia, las esporas del hongo permanecen en restos de cultivo y en el suelo, lo que representa un problema importante para el manejo de la enfermedad en monocultivo de zanahoria (Tay y Sepúlveda, 2011).

Kehr y Díaz (2012) reportaron ataques frecuentes de este hongo en varios lugares de la Región de La Araucanía. Por lo tanto, es recomendable el uso de medidas culturales, tales como (Tay y Sepúlveda, 2011):

- a) Utilizar semilla sana, libre de *Alternaria*.
- b) Desinfectar semilla con fungicida como Mancozeb (Cadilac 80 WP, Dithane NT).
- c) Rotación de cultivos a lo menos de dos años sin cultivos hortícolas de la familia *Apiaceae* como apio o perejil.
- d) Elegir suelos profundos, sueltos, buen contenido de materia orgánica y buen drenaje.
- e) Eliminar plantas voluntarias que pueden ser hospederos del hongo y realizar un buen control de malezas.

- f) Evitar el exceso de humedad en el suelo aplicando riegos solo cuando el cultivo lo requiera y aplicar una fertilización balanceada.
- g) Retirar todos los restos del cultivo después de cosecha.
- h) Evitar siembras tardías.

Una vez detectada la enfermedad, se deben realizar aplicaciones químicas al follaje cada 10-15 días con una rotación de los productos como Azoxystrobin (Amistar 50 WG), Azoxistrobina/Difenoconazol (Amistar Top), Clorotalonilo (Bravo 720, Glider 72 SC, Hortyl 720, Balear 720 SC, Clorotalonil 720 SC, Pugil 720, Rhino 720 SC) o Difenoconazol (Score 250 EC, Caldera 250 EC, Dominio 25 EC, Premiado 250 EC, Ergonazole, Difeconazol 250 EC).

Con baja incidencia, es el oídio (*Erysiphe polygoni*), polvo blanco sobre la superficie de las hojas. Esto resulta en senescencia temprana de las hojas y reducción de rendimiento. Las esporas (conidias) se dispersan por aire y sobreviven en el suelo contaminando las semillas sembradas. Dependiendo de las condiciones de la infestación es necesario controlar con fungicidas autorizados por el SAG para zanahoria, con ingredientes activos tales como Benomilo (Benomyl 50 PM) o Clorotalonilo (Bravo 720, Glider 72 SC, Hortyl 720, Balear 720 SC, Clorotalonil 720 SC, Pugil 720, Rhino 720 SC) (Saavedra y *et al.*, 2022).

Manejo de plagas

El cultivo de zanahoria presenta pocas plagas de importancia que causen daño económico. La mosca de la zanahoria (*Chamaepsila rosae* Fabricius (syn. *Psilla rosae*)) está presente en la región. Es un díptero (insecto que tiene dos pares de alas) de la familia Psilidae muy cosmopolita (Saavedra, 2019).

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

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

Algunos ingredientes activos que se pueden utilizar y rotar para no producir resistencia de las poblaciones son: lambda-cihalotrina (Zero 5 EC, Karate con tecnología Zeon, Zoro, Knockout, Ninja, Invicto 50 CS) o gamma-cihalotrina (Bull). Todos estos productos están autorizados por el SAG en su listado para zanahoria (Saavedra *et al.*, 2022).

Otro problema que a veces se presenta son los gusanos del suelo del género *Agrostis* y gusanos alambre, estos pueden ser controlados con tratamientos al suelo.

Manejo de malezas

La zanahoria presenta una lenta emergencia y crecimiento de las primeras hojas. Por lo tanto, las malezas que aparecen a inicios del cultivo complican la competencia por nutrientes, luz, agua, entre otras, haciendo crítica las primeras semanas de crecimiento (Saavedra, 2019).

El control de malezas comienza como en todos los cultivos con una buena preparación de suelos. Se puede continuar con un control mecánico, usando una combinación de cultivador entre hileras y/o limpias manuales con rasquetas u otros implementos.

El control químico es necesario, por ser una hortaliza de siembra directa, donde la cama de semillas está limpia al comienzo, pero debe mantenerse de esa manera hasta que la semilla germine y la plántula se establezca definitivamente. Por ser una semilla muy pequeña, este cultivo no es un buen competidor con malezas en los primeros estados de desarrollo, por lo tanto, se debe realizar un manejo muy estricto de malezas durante este período, usando, idealmente, herbicidas autorizados por el Servicio Agrícola y Ganadero (SAG) en su listado presentado en el Cuadro 6 (www.sag.gob.cl).

Cuadro 6. Listado de herbicidas autorizados según ingrediente activo, nombre comercial, tipo de acción y aplicación del cultivo de zanahoria (SAG, 2022)

Ingrediente activo	Nombre comercial	Tipo de acción	Aplicación
Aclonifeno	Prodigio 600 SC	Contacto, selectivo, HA	Pre y post de malezas
Cletodima	Centurión 240 EC, Centurión Súper, Aquiles 24 EC, Vesuvius, Hazard, Cletodim 24 EC	Sistémico, selectivo, GRA	Post emergencia, para control de gramíneas
Fluazifop-p-butilo	Hache Uno 2000 175 EC	Sistémico, selectivo, GRA	Post emergencia
Glifosato isopropilamonio	Rango 480 SL, Glifoglex 480 SL	Sistémico, no selectivo, HA y GRA	Post de malezas sin emergencia del cultivo
Glifosato monoamonio	Rango 75 WG, Rangoclan 75 WG	Sistémico, no selectivo, HA y GRA	Post de malezas sin emergencia del cultivo

Linurón	Afalón, Linurex 50 WP, Linurex 50 SC, SC, Lorox WP, Afalon 50 SC, Linurón 500 Solchem, Tiburón 500SC, Tiburón	Sistémico, selectivo, HA y GRAM	Pre y post emergencia
Quizalofop-etilo	Flecha 9.6 EC	Sistémico, selectivo, GRAM	Post emergencia
Quizalofop-p-etilo	Assure Pro	Sistémico, selectivo, GRAM	Post emergencia
Quizalofop-p-tefurilo	Sector - T	Sistémico, selectivo, GRAM	Post Emergencia
Pendimetalina	Spectro 33EC, Pendiclan 33 EC, Aquiclan 24 EC	Sistémico, residual, HA y GRAM	PSI ¹ y Pre
Tepraloxidima	Aramo	Sistémico, selectivo, GRAM	Post Emergencia
Trifluralina	Treflan, Triflurex 48 EC	Suelo activo, GRAM y algunas HA	PSI ¹

¹ PSI=Pre Siembra Incorporado.

Índice de cosecha

Las raíces de zanahoria no tienen un estado de madurez definido, varía de acuerdo al cultivar, el uso del producto (consumo fresco, deshidratado, jugo, conserva, o procesamiento de otro tipo), condiciones de mercado, como precio, y otros factores como oferta en el mercado. Por lo tanto, la mayoría de las zanahorias son cosechadas antes de lograr su tamaño potencial, peso o rendimiento máximo comercial.

En general, el retraso de la cosecha produce un incremento de tamaño y peso del producto, disminuyendo la calidad del producto final. Zanahorias que sobrepasan el periodo óptimo de cosecha toman un desarrollo de tejidos fibrosos. También, un retraso en la cosecha repercute en la pérdida potencial de sabor y textura, pero hay un incremento en la aparición de enfermedades e inducción de floración (Saavedra, 2019).

En la práctica, las decisiones de cosecha en zanahorias están basadas en diversos criterios dependiendo del mercado y lugar de venta. Las zanahorias son normalmente cosechadas en estado "inmaduro", cuando las raíces han alcanzado suficiente tamaño y la forma típica de la variedad (Figura 7). Por lo que, el largo de las raíces puede usarse como indicador del momento de cosecha (Gabriel, 2013).



Figura 7. Raíces de diferentes tipos de zanahoria en tamaño de cosecha

Poscosecha

La zanahoria recolectada debe permanecer el menor tiempo posible en campo y, en el caso de épocas de mucha insolación, cubrir el producto con el follaje del mismo cultivo para evitar la deshidratación. En pruebas realizadas por INIA Carillanca en dos unidades demostrativas del programa GORE Hortalizas, se expuso una muestra del material recolectado a pleno sol y a la sombra con malla raschel por dos y cuatro horas, se pesó al inicio, a las dos y a las cuatro horas. Los resultados se muestran en el cuadro 7, donde se observa una clara disminución de pérdida de peso en porcentaje al estar protegida la cosecha.

En promedio general, después de 2 horas de exposición a pleno sol hubo una pérdida de peso de 5,0 % y a las 4 horas incrementó en 2,1 %, por lo tanto, la pérdida de peso total fue de 7,1 %. Pero a la sombra, a las 2 horas el promedio general fue de 2,1 % de pérdida de peso y a las 4 horas incrementó en 4,4 %, dando un total de 6,5 %. Este resultado indica que la mayor deshidratación de la zanahoria ocurre en las primeras 2 horas al estar expuestas al sol.

Cuadro 7. Pérdida de peso (%) de zanahoria expuestas al sol y bajo sombra (malla raschel) en dos localidades de la Región de La Araucanía

Variedad	Tiempo de exposición	INIA Carillanca		Maquehue	
		Sol	Sombra	Sol	Sombra
Colmar	2 horas	3,1	0,5	12,2	4,8
	4 horas	6,0	2,1	15,6	7,6
Chantenay	2 horas	3,7	2,0	13,8	5,2
	4 horas	7,5	3,9	16,9	6,2
Royal Chantenay	2 horas	3,9	0,8	3,6	3,1
	4 horas	6,9	1,6	6,2	5,0
TCH-742	2 horas	3,1	1,1	4,9	1,7
	4 horas	6,8	2,7	9,8	8,0
Royal Carol	2 horas	2,1	0,6	3,3	2,3
	4 horas	5,0	1,7	9,0	7,3
TCH-750	2 horas	2,6	0,9	3,4	2,3
	4 horas	4,5	1,9	5,9	4,6

Productividad

La zanahoria es un cultivo que tiene la posibilidad de mantenerse en el suelo después de haber alcanzado la madurez de cosecha. En la Región de La Araucanía, el comportamiento del cultivo mostró que requiere 1.216 ± 109 grados-días de suma térmica para alcanzar la madurez de cosecha. Esto fue evaluado en varios territorios bajo el marco del programa GORE Hortalizas ejecutado por INIA Carillanca, basado en los resultados y extrapolando a otros territorios se obtuvo la época aproximada de cosecha según fecha de siembra, como se presenta en el cuadro 8.

Cuadro 8. Épocas de cosecha de zanahoria según fecha de siembra y grados-días acumulados para cinco territorios de la Región de La Araucanía

Zona agroecológica	Mes de siembra	Periodo de cosecha	Mes de siembra	Periodo de cosecha
Secano interior: Cholchol	Septiembre	Fines de enero	Noviembre	Fines de febrero
Valle central: Temuco	Octubre	1ª quincena de febrero	Diciembre	Mediados de marzo
Valle central: Maquehue	Octubre	1ª quincena de febrero	Diciembre	Mediados de marzo
Cautín sur: Freire	Octubre	Mediados de febrero	Diciembre	Fines de marzo
Precordillera Vilcún	Octubre	Mediados de febrero	Diciembre	Fines de marzo
Secano costero: Tranapunte	Septiembre	1ª quincena de febrero	Noviembre	Mediados de marzo

Rendimiento

En los últimos tres años el promedio de rendimiento en el país ha sido de 46,4 t/ha, que ha estado por sobre el promedio mundial que es de 36 t/ha, pero bajo los promedios de rendimiento europeos que van de 58 a 60 t/ha (FAOSTAT, 2022). Evaluaciones realizadas por INIA Carillanca en diferentes territorios de La Araucanía han mostrado rendimientos promedio general de 52,7 t/ha, observándose los mejores resultados con variedades como Royal Chantenay, Chantenay y Colmar en las localidades de Chol Chol y Maquehue, con cifras sobre 65 t/ha en la temporada 2019/2020. La Región de La Araucanía posee condiciones agroclimáticas favorables para la producción de zanahoria, por lo tanto, el potencial de rendimiento es alto y la calidad del producto también. Sin embargo, al no estar organizados los productores de hortalizas, la comercialización por volumen como para agroindustria es más compleja. Con el desarrollo de nuevas herramientas tecnológicas para comercializar, probablemente este escollo se podrá resolver en el corto plazo.

Rendimiento industrial

La zanahoria para procesamiento es importante para la agroindustria mundial, especialmente en producción de jugos concentrados y deshidratados, de conservas y congelados. También, las zanahorias de colores han tomado un gran valor agroindustrial, especialmente moradas, por su alto contenido de antocianinas, utilizadas en gran cantidad por la industria de pigmentos naturales, así como de jugos y alimentos infantiles.

Es importante realizar evaluaciones de rendimiento de jugo, contenido de sólidos solubles y materia seca, puesto que indican calidad y rendimiento industrial. Estos factores son afectados por las condiciones ambientales y de manejo agronómico, por lo que evaluaciones en diferentes medios ambientes son recomendables. Por ejemplo, aplicaciones mayores de nitrógeno favorecen el tamaño de raíz y acumulación de agua, incrementando el rendimiento en jugo, pero disminuyendo los azúcares (Saavedra, 2019).

En muestras obtenidas de las unidades demostrativas del programa GORE Hortalizas, se encontró en promedio 13,2 % de materia seca (MS) y 8,3°Brix en sólidos solubles, ambos dentro de lo esperado para la región, ya que Saavedra (2019) reporta que en una evaluación realizada en la temporada 2007-2008 en Vilcún y Labranza, los valores obtenidos fueron entre 9,5 y 15,3 % de MS, mientras que el contenido de azúcares estuvo entre 6,9 y 9,1°Brix.

Los mejores resultados se obtuvieron en Chol Chol, entre 9,9 y 15,4°Brix, destacando Chantenay y Colmar como las de mejor contenido de azúcar en este territorio. Estas mismas variedades tuvieron el mejor promedio general en todos los territorios en contenido de azúcares con 10°Brix.

Valor nutricional y nutracéutico

La zanahoria es importante en la dieta humana por sus aportes nutricionales. Aunque, como la mayoría de las hortalizas aporta poca energía (39,4 Kcal por 100 g de peso fresco) y tiene un alto contenido de agua (0,89 gramo de agua por gramo de peso fresco). Sin embargo, la zanahoria tiene un gran aporte en minerales necesarios para el metabolismo humano (Cuadro 9).

Cuadro 9. Aporte en minerales de 100 g de zanahoria fresca

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

(<https://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/verduras-y-hortalizas/tuberculos-y-raices/zanahoria.html>)

El aporte vitamínico de la zanahoria como alimento es muy importante, es una fuente de vitaminas del complejo B, A y C, como se muestra en el cuadro 10.

Cuadro 10. Aporte en vitaminas y pro-vitaminas de 100 g de zanahoria fresca

Vitamina	Unidad	Contenido
B1 Tiamina	mg	0,06
B2 Riboflavina	mg	0,05
B6 Piridoxina	mg	0,14
Ácido fólico	µg	13,93
C Ácido ascórbico	mg	6,48
Carotenoides (eq. a β-carotenos)	µg	8.731,0
A (eq. a retinol)	µg	1.455,2

Fuente: Dietas.net.2022

La zanahoria es rica en carotenoides. Los componentes principales son pirrolidina, duacina y daucosterina. Los principales aportes, desde el punto de vista nutracéutico son flavonoides del tipo quercetina con 0,07 mg por 100 g en promedio y carotenoides, fundamentalmente α-caroteno y β-caroteno en cantidades promedio de 10,65 µg y 18,25 µg por 100 g, respectivamente (Li, 2008).

Su aceite esencial tiene limoneno, pineno y cineol. Se utiliza como diurético, para reducir el azúcar en la sangre, para la prevención del cáncer y para tratar la diabetes, enfermedades cardíacas, dispepsia, gota y úlceras carcinomatosas (Hartwell 1971; Duke y otro 1985). El consumo muy alto de zanahoria puede dar a la piel un tono anaranjado, particularmente en las palmas de las manos o los pies, pero se cree que también es muy difícil de consumir mucho betacaroteno, el precursor de la vitamina A, al comer zanahoria, porque el cuerpo no convierte el exceso de betacaroteno en vitamina A (Small 2006).

La zanahoria ejerce una actividad antioxidante baja en comparación con otras verduras (Vinson *et al.*, 1998). Pero, los carotenoides de esta hortaliza ayudan a prevenir el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y las cataratas. También puede reducir el riesgo de accidente cerebrovascular hasta en un 54% si se consume dos veces al mes. La zanahoria se puede usar para prevenir derrames cerebrales, ayudar a dejar de fumar y retrasar el proceso de envejecimiento. La zanahoria también se usa para tratar la amenorrea, la angina de pecho, el asma, la diarrea, la presión arterial alta, el colesterol, problemas hepáticos y de la piel, y arrugas (Duke 1997).

Referencias

- Acuña, R. 2008. Compendio de fitopatógenos de cultivos agrícolas en Chile [monografías]. 1ra. Ed. Servicio Agrícola y Ganadero. División Protección Agrícola. Programa Vigilancia Agrícola. 122 p. En: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/62712>
- Alessandro, M.S. 2013. Capítulo 2. Características botánicas y tipos varietales. En: Gaviola, J. C. (ed). 2013. Manual de producción de zanahoria. – 1ª ed. – Buenos Aires. Ediciones INTA. 27-46.
- Borthwick, H. A., Phillips, M., y Robbins, W. W. 1931. Floral development in *Daucus carota*. Am J Bot. 18784-18786.
- Castelseras. 2022. Zanahoria. <http://www.castelseras.com/Recetas/alimento/zanahoria.htm>
- Ciampitti, I. y García, F. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundario. II Hortalizas, frutales y forrajeras. Archivo Agronómico N° 12. En: Informaciones Agronómicas N° 33. 4pp.
- Dickson, M.H. and Peterson, C.E. 1958. Hastening greenhouse seed production for carrot breeding. Proceedings of the American Society for Horticultural Science. 71: 412-415.
- Dietas.net. 2022. <https://www.dietas.net/tablas-y-calculadoras/tabla-de-composicion-nutricional-de-los-alimentos/verduras-y-hortalizas/tuberculos-y-raices/zanahoria.html>
- Duke, J. A. 1997. The green pharmacy. Emmaus, PA: Rodale Press.
- Duke, J. A. y Ayensu, E. S. 1985. Medicinal plants of China. 2 vols. Algonac, MI: Reference Publications.
- FAOSTAT. 2022. <https://www.fao.org/faostat/es/#data>
- Gabriel, E. L. 2013. Capítulo 3. Implantación y manejo del cultivo. En: Gaviola, J. C. (ed). 2013. Manual de producción de zanahoria. – 1ª ed. – Buenos Aires. Ediciones INTA. 47-69.
- Hartwell, J. L. 1971. Plants used against cancer: A survey. *Lloydia* 34: 103-60.
- Heywood, V. H. 1983. Relationship and evolution in the *Daucus carota* complex. Israel J Bot. 32: 51-65.
- Kehr, E. y Bastías, M. 2016. Zanahoria. En: Kehr M., Elizabeth y Leal A., Yovana (eds.) (2016) Fichas Técnicas: Rubros agropecuarios de interés para sistemas productivos de La Araucanía [en línea]. Temuco, Chile: Boletín INIA – Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N° 330. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6557> (Consultado: 16 noviembre 2022). 91-94.
- Kehr, E. y Bórquez, C. 2010. La zanahoria como una hortaliza apta para procesamiento agroindustrial. Tierra Adentro. (88): 17-19.

Kehr, E. y Díaz, P. 2012. Zanahoria para la producción de jugos [en línea]. Temuco: Informativo INIA Carillanca. N° 60. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/4488> (Consultado: 16 noviembre 2022).

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

MINSAL. 2022. Decreto N°64. Diario Oficial de la República de Chile. N°43.365, sección I:1 ODEPA, 2022. Estadísticas productivas. <https://www.odepa.gob.cl/estadisticas-del-sector/estadisticas-productivas>

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

Saavedra, G. 2019. Zanahoria. En: Saavedra, G., Jana, C. y Kehr, E. Hortalizas para procesamiento agroindustrial. Boletín INIA N°411. Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Temuco, Chile. 62-105.

Saavedra, G., Bastías, M., Kehr, E., Fontanilla, C. y Sandoval, B. 2022. El Cultivo de la zanahoria en la Región de La Araucanía. Informativo INIA Carillanca N°146. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 4 pp. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/68404>

SAG. 2022. Lista de plaguicidas con autorización vigente al 11 de octubre 2022. En: www.sag.cl

Simon, P. W. 2000. Domestication, historical development, and modern breeding of carrot. Plant Breeding Review. 19: 147-190. DOI: <https://doi.org/10.1002/9780470650172.ch5>

Small, E. 2006. Culinary herbs. 2nd ed. Ottawa: NRC Research Press.

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

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

Vavilov, N. I. 1994. Origin and geography of cultivated plants. Cambridge University Press. 340-344. DOI: <https://doi.org/10.3366/anh.1994.21.1.142a>

Vidal, A., Sanjuan, J., Ferrándiz, J.C., Camañez, M.C., Muñoz, P., Bartolomé, P., Domene, R. y Sanjuan, S. 2017. Zanahoria. En: Maroto, J. V. y Baixauli, C. (Eds.). 2017. Cultivos hortícolas al aire libre. Cajamar Caja Rural, Almería, España. Serie Agricultura 13. 111-129.

Vinson, J. A., Hau, Y., Su, X. y Zubik, L. 1998. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: Vegetables. J. Agric. Food Chem. 46: 3630-3634. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf980295o>

Especies aromáticas

Elizabeth Kehr Mellado, Ing. Agrónomo, Magíster en Ciencias Agropecuarias



En general, las especies aromáticas reúnen principios activos utilizados en la industria de medicamentos y cosmética. En este capítulo se consideran como un grupo de hortalizas para consumo humano, a través de su uso en la industria de alimentos procesados, la cocina de restaurantes, la casa, entre otros.

Las hierbas medicinales y/o aromáticas han sido utilizadas desde hace miles de años como contribución a la salud y bienestar de las personas, y se ha descubierto que son los "Principios Activos", compuestos químicos responsables de los efectos medicinales de las plantas (Torres, 2000).

La flora nativa chilena fue utilizada por los habitantes prehispánicos con fines diversos, entre los cuales estuvo el uso alimenticio, combustible, religioso, ornamental, cestería, tintóreo y medicinal. Esta tradición de uso medicinal de las plantas chilenas por las poblaciones originarias fue enriquecida con el aporte de plantas medicinales provenientes de Europa y otras regiones (Massardo y Rossi, 1996).

Diversas investigaciones y escritos sobre flora medicinal han mostrado un total de 561 especies vegetales que tienen alguna referencia de uso medicinal, donde 469 corresponden a especies nativas y 92 corresponden a asilvestradas. Estos números indican que más de un 10 % de la flora de nuestro país tiene un uso medicinal (Massardo y Rossi, 1996).

En general, el grupo de plantas medicinales o productoras de aceites esenciales se puede dividir en tres grandes grupos (Fernández, 1994):

1. Plantas medicinales: vegetales que elaboran o contienen principios activos, constituyen aproximadamente la séptima parte de las especies existentes, también se conocen como plantas oficinales, definidas como las que por sus propiedades farmacológicas están destinadas a la farmacopea o que forman parte de un medicamento preparado.

2. Plantas aromáticas o de esencias: plantas medicinales cuyos principios activos están constituidos total o parcialmente por esencias. Los aceites esenciales son sustancias volátiles olorosas que se extraen por destilación. Estas plantas representan alrededor de un 0,7 % del total de las plantas medicinales (lavanda, geranio, salvia, otros).

3. Plantas condimentarias o especias: plantas aromáticas que el hombre utiliza por sus características organolépticas, las que transmiten a los alimentos o bebidas ciertos aromas, colores y sabores (Ej.: orégano, romero, azafrán, otros).

Las principales formas de aprovechamiento de las plantas medicinales, aromáticas y aceites esenciales son (Délano *et al.*, 2000):

- **Infusiones:** introducción de partes de la planta (en bolsa filtro o trozos de la planta) directamente al agua hirviendo.

- **Cocimientos o decocciones:** se realizan vertiendo la hierba sobre el agua hirviendo, donde se dejan de 10 a 30 minutos, utilizándose las partes duras de la planta tales como madera, corteza, tallos y raíces.
- **Extractos:** son maceraciones acuosas o alcohólicas cuya concentración depende de las necesidades.
- **Tinturas:** son maceraciones prolongadas de una planta fresca en alcohol de 70 %, por un período de diez días a seis semanas.
- **Jarabes:** son diluciones de 150 a 200 g de azúcar en 100 g de agua. A este líquido se añaden las partes de la planta.
- **Polvos:** partes de plantas secas y pulverizadas.
- **Tinturas-Madres:** se obtienen de la maceración de la planta entera o de una parte de ella, durante tres semanas en alcohol (entre 45 a 90 %). Con este líquido se impregnan los glóbulos o gránulos utilizados en homeopatía.
- **Gotas:** provienen de diluciones; concentrado para ser administrado vía oral.
- **Jugo o zumo:** se corta la planta fresca en pedazos pequeños que se machacan hasta obtener la savia.
- **Maceración:** se desmenuzan flores, hojas, frutos y semillas y se le agrega líquido (agua, alcohol, aceite, vino, otros).

Respecto del mercado, existe poca información actualizada. Sin embargo, antecedentes de una década señalan el requerimiento de distintas partes de estas plantas (hojas, flores, raíces, semillas) para el mercado nacional e internacional como materia prima (FIA, 2008). En el cuadro 1 se señalan algunas características agronómicas y usos de las diferentes especies aromáticas consideradas en el programa GORE-INIA Hortalizas.

Cuadro 1. Características de algunas especies aromáticas y sus usos

Especie	Familia	Temperatura desarrollo	Sistema de cultivo	Principio activo	Uso planta	Uso semilla
Albahaca	Lamiaceae	20-25 °C	Almácigo-trasplante	Antocianinas, estragol o metilcavicol, linalol, cineol, eugenol, acetato de linalilo, saponósidos, flavonoides (quercitrósido, kenferol, esculósido) y ácido cafeico	Fresco o seco	Perfumería
Eneldo	Umbeliferae	20-25 °C	Siembra directa o almácigo trasplante, 25-30 cm EH y 25-30 SH	Carvona (cetona terpénica), limoneno, felandreno, pineno, dipenteno, diapiol, miristicina, Vitamina C	Fresco o seco	Extracción de aceite esencial para medicamentos
Estragón	Asteraceae	15-20 °C	Almácigo-trasplante	Fenilpropanoides, cumarinas, derivados de poliacetileno y flavonoides	Fresco o seco	Gastronomía y medicamentos
Menta	Lamiaceae	15-20 °C	Siembra directa y plantación rizomas y estolones	Mentol	Fresco o seco	Gastronomía, perfumería y medicamentos
Orégano	Lamiaceae	20 °C	Siembra directa y plantación esquejes	Estearópteno y fenoles, (Carvacrol y Timol)	Fresco o seco	Gastronomía Medicamentos
Salvia	Lamiaceae	>15°C	Esquejes	Monoterpenos y sesquiterpenos	Fresco o seco	Gastronomía Medicamentos
Tomillo	Lamiaceae	20 a 30 °C	Almácigo trasplante	Flavonoides	Fresco o seco	Gastronomía Medicamentos

Fuente: Kehr *et al.*, 2022, 1ª y 2ª parte

En el cuadro 2 se presentan los resultados de evaluaciones de las características de la planta, rendimiento y materia seca realizadas en INIA Carillanca en el marco del programa GORE-INIA Hortalizas.

Cuadro 2. Antecedentes productivos de las especias evaluadas en INIA Carillanca durante la temporada 2019/2020

Especie	Fecha siembra almácigo	Fecha trasplante en suelo	Nº plantas/ha	Altura planta (cm)	Fecha cosecha total	Rendimiento (t/ha)	MS total (%)	MS hojas (%)
Albahaca verde	15.11.2019	24.01.2020	100.000	37	11.04.2022	11,8	12,0	12,7
Albahaca morada	15.11.2019	24.01.2020	100.000	38	11.04.2022	4,8	13,0	17,0
Eneldo	15.11.2019	24.01.2020	250.000	72	11.04.2022	6,4	28,7	20,3
Estragón	15.11.2019	12.08.2020	66.667	149	11.04.2022	28,1	31,2	20,4
Menta negra	15.11.2019	12.08.2020	133.333	85	11.04-2022	25,6	31,5	37,0
Menta blanca	15.11.2019	02.12.2020	133.333	77	11.04.2022	25,2	23,2	21,1
Orégano	15.11.2019	12.08.2020	100.000	66	11.04.2022	49,9	32,6	34,6
Salvia	15.11.2019	18.11.2020	66.667	70	11.04.2022	25,3	26,9	35,4
Tomillo	15.11.2019	12.08.2020	72.222	40	11.04.2022	42,3	30,1	35,1

t: tonelada; ha: hectárea; cm: centímetro (Kehr *et al.*, 2022), 1ª y 2ª parte

Albahaca (*Ocimum basilicum* L.)

Centro de origen y requerimientos agroclimáticos

Pertenece a la familia Lamiaceae, nativa de África Central y sudeste asiático, cultivada hace milenios. Cultivada ampliamente en Chile. Una especie que requiere temperaturas óptimas para su desarrollo (20 y 25 °C), tolerando temperaturas mayores en la medida que cuente con buena humedad en el suelo. Por ello, el crecimiento y desarrollo óptimos ocurren en el período estival, ya que temperaturas menores a 10 °C inhiben el crecimiento (Phippen y Simon, 1998). Requiere suelos livianos, permeables, bien expuestos a la luz, con buena disponibilidad de agua especialmente en períodos muy secos con falta de lluvias.

Características de la planta

Planta herbácea, anual, muy aromática que crece hasta los 50 cm de altura. Posee un tallo anguloso, con muchas ramificaciones, con hojas opuestas, pecioladas, aovadas, puntiagudas, anchas, de color verde intenso variando a violáceo (Figura 1). Las flores son de color blanco o rosado. La semilla es de color café oscuro a negro, oblongas, y oleosas. Florece en verano, época en que se colectan las partes útiles de esta planta (Phippen y Simon, 1998). En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca, la planta a cosecha alcanzó alturas similares de 37 cm en albahaca verde y de 38 cm en albahaca morada (Cuadro 1).

Multiplicación y época de cultivo

Esta labor es por semillas o esquejes. El almácigo se siembra entre julio y agosto, y se trasplanta en septiembre con plántulas de 6 hojas o cuando alcance una altura de 10 cm. El crecimiento vegetativo se favorece al desmochar las puntas de las ramas cuando las flores empiezan a formarse (Phippen y Simon, 1998).

Agronomía

La densidad de plantación puede alcanzar a 100 mil plantas por hectárea, pudiendo plantarse en hileras simples, o en varias hileras o en mesas de ancho entre 1 y 1,2 m, con 3-4 hileras por mesa. Del punto de vista fitosanitario, es una especie que se afecta bastante por pulgones y algunos hongos foliares.

Productividad

Con 100 mil plantas/ha se pueden obtener rendimientos de 15 t/ha en fresco, 8 t/ha deshidratada, y alrededor de 80 kg/ha de aceite esencial. Experiencias realizadas por INIA Carillanca han resultado en rendimiento fresco de 11,8 t/ha en albahaca verde y 4,75 t/ha en albahaca morada (Cuadro 2). Por su parte, en cuanto a materia seca (MS), en albahaca

verde se obtuvo una MS total de 12 % y en hojas de 12,7 %, mientras que en albahaca morada una MS total de 13 % y en hojas de 17 % fueron observados.

Principios activos y usos

El aceite esencial que contiene (0,04 a 0,7 %), es rico en estragol o metilcavicol (65-85 %), linalol (hasta un 75 % en algunos quimiotipos), cineol, eugenol (20 %), acetato de linalilo. Saponósidos. Flavonoides: quercitrósido, kenferol, esculósido. Ácido cafeico. Por ello se le atribuyen propiedades digestivas, espasmolíticas, antisépticas contra bacterias y parásitos, usos como insecticidas y sedantes. También, los aceites se utilizan en agua para lavar heridas, son maceradas en alcohol para dolores reumáticos y articulares (MINSAL, 2010). Las variedades comerciales varían en cuanto a la concentración de principios activos (Ej: antocianinas) (Cuadro 1).

El consumo habitual de esta especie es en fresco, en ensaladas, en la preparación del "pesto", o como condimento en diversos tipos de platos. En Chile es ingrediente obligado en varios tipos de guisos en temporada de verano (platos elaborados con maíz, poroto granado, entre otros). El aceite esencial tiene diversos usos en perfumería y cosmética.



Figura 1. Albahaca morada y albahaca verde (*Ocimum basilicum* L.)

Eneldo (*Anethum graveolens* L.)

Origen y requerimientos agroclimáticos

Planta herbácea anual de la familia Umbeliferae, originaria de la región oriental del Mediterráneo, muy aromática, de sabor dulce, fresco y anisado. El clima apropiado es el templado-cálido, con días soleados y el suelo bien drenado. La siembra es directa al suelo o trasplante con almácigo. La germinación se produce entre 14 y 21 días después de la siembra (Infoagro, 2022).

Características de la planta

Planta anual, herbácea, de 25-50 cm de altura, glauca, glabra, con raíz pivotante y olor fétido. El tallo es frágil, estriado y hueco. Las hojas son tritetrápinnatisectas, finamente divididas en lacinas filiformes y mucronadas, las superiores sésiles, sobre una vaina más corta que el limbo. Las flores, amarillas, aparecen agrupadas en umbelas de 15-30 radios, desiguales, con el involucre y el involucelo nulos, es decir, sin brácteas ni bractéolas. Cáliz ausente. Pétalos amarillos, enteros oblongos, suborbiculares, con el ápice curvado hacia dentro. Los frutos, de 5-6 milímetros, son oval-elípticos, fuertemente comprimidos por el dorso, de color marrón oscuro, rodeados de un ala clara. Mericarpos con cinco costillas, las tres dorsales salientes, filiformes, carenadas, y las dos laterales dilatadas en un ala plana. Semilla con la cara comisural plana. Tienen un olor intenso, agradable, al masticarlas tienen un sabor aromático y picante. Todas las partes de la planta de eneldo contienen aceite esencial. La acumulación de este aceite en las diferentes partes de la planta cambia significativamente tanto en cantidad como en calidad durante el período vegetativo (Infoagro, 2022).

El período vegetativo de la planta es corto. Dependiendo de las condiciones ambientales, se requieren entre 100-120 días para que los frutos maduren y pueda obtenerse su semilla. Escoger un adecuado momento de recolección, así como un correcto almacenamiento de las semillas, conserva su capacidad germinativa durante 2 a 3 años (Infoagro, 2022).

En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca, la planta alcanzó una altura de 72 cm antes de la cosecha (Cuadro 1).

Requerimientos agroclimáticos

La temperatura óptima para la germinación es de 8-10 °C, siendo la brotación unos 10-17 días después de la siembra. El comienzo del crecimiento de los tallos ocurre entre 35-40 días después de la germinación. Dependiendo de las condiciones climáticas, la planta florece a los 50-70 días después de la emergencia. Como media serán necesarios unos

40-45 días desde el inicio de la floración para que las semillas maduren en las umbelas principales. Además, el cultivo madura desigualmente y las semillas maduras se caen de la planta (de las umbelas) muy fácilmente (Infoagro, 2022).

Requiere suelos sueltos y bien drenados, fértiles, mullidos. En ambientes fríos, secos o demasiado lluviosos se daña la planta, prefiriendo climas templado-cálidos, aunque puede vivir en zonas con algo de frío.

La reproducción es casi exclusivamente por semilla. La siembra con máquina requiere entre 4 y 10 kilos de semilla/ha, dependiendo del porcentaje de germinación.

Agronomía

La siembra es en hileras separadas a 25 cm, con máquina o de forma manual, presionando la siembra con un rodillo. La germinación se produce a los 14 o 21 días. Tiene un crecimiento rápido y necesita un riego permanente y suave por su rápido crecimiento. Las raíces del eneldo son débiles, y generalmente no soportan el trasplante. Requiere suelos con buen contenido de presencia de materia orgánica. Dependiendo del objetivo de la producción, la fertilización varía en los requerimientos nutricionales, los que deben ser más altos en nitrógeno en el caso de producción de hoja, por ejemplo.

El control de malezas se puede realizar de manera química. Complementariamente se puede realizar en escardas o limpiezas manuales. Dentro de las enfermedades de importancia se encuentra el ataque de *Alternaria* sp (Infoagro, 2022).

Cosecha y rendimiento

La cosecha puede ser de hojas o la planta completa, cuando alcance los 20 cm de altura y que puede llegar hasta los 120 cm. Al final de la floración, cuando las semillas comienzan su desarrollo dentro de las umbelas (Figura 2), es el momento para recolectar las partes verdes de la planta, pues a partir de este momento el aceite esencial de la planta comienza a decrecer. Las hojas y tallos se cosechan cuando la planta alcanza 25 cm de altura. La utilización es en fresco, en manojos, o con conservación a temperatura de refrigerador a 4-5 °C. También, pueden ser guardadas en bolsas de plástico sometiendo a una rápida congelación.

El mayor rendimiento en aceite esencial se alcanza en el estado de plena floración. Si éste es el objetivo productivo, la recolección debe hacerse en dicha etapa. Experiencias realizadas en INIA Carillanca han resultado en un rendimiento fresco promedio de 6,4 t/ha con una densidad de 250 mil plantas/ha (Cuadro 2). Por otra parte, la materia seca observada fue de un total de 28,7 % y solo en hojas de 20,3 %. En la literatura se han informado rendimientos que varían entre 400-600 kg/ha de materia seca, lo que equivale a una recolección en peso fresco de 4.000-6.000 kg/ha. Posteriormente, la producción en verde (separado los tallos) se debe secar en estufa de aire forzado a una temperatura entre 40-50 °C. Con el secado, la masa se reduce en un 80-90 % (Infoagro, 2022).

Principios activos y usos

El eneldo se puede utilizar como una planta medicinal por sus cualidades calmantes y antioxidantes (Cuadro 2). Algunas de sus propiedades destacan el efecto calmante y relajante de dolores estomacales, para frenar diarreas, combatir infecciones y resfríos, potenciando el sistema inmune debido a su alto contenido de vitamina C. También, por su poder antioxidante y diurético, ayuda a eliminar toxinas del organismo. El sabor es fresco y cítrico, muy usada para aliñar pescados y carnes blancas. El consumo puede ser fresco, agregado a diferentes preparaciones culinarias, en infusión como té de hierbas tibio después de secar sus hojas.

Para la extracción de aceite esencial, se destila mediante arrastre con vapor de la planta fresca, recolectada cuando maduran sus frutos o por destilación de sus frutos (Ortiz y Lombardo, 2009). Posteriormente, ésta se seca y se guarda en recipientes de cristal cerrados herméticamente.

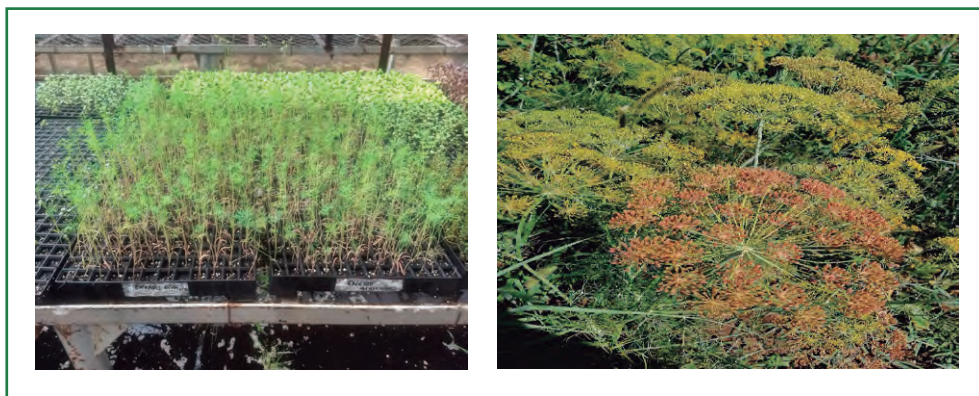


Figura 2. Eneldo en plántulas y en floración de umbelas (*Anethum graveolens* L.)

Estragón (*Artemisia dracunculus* L.)

Origen y requerimientos agroclimáticos

El origen de la especie es asociado geográficamente con las estepas del este de Siberia y Mongolia. Pertenece a la familia Asteraceae. Se desarrolla bien en todo tipo de suelos y tiene requerimientos específicos de temperatura y luminosidad. Poca luz afecta el contenido de aceite, reduciendo así los compuestos aromáticos. Tolerancia bien las heladas de otoño y primavera. La literatura señala que se pueden obtener tres cosechas (Aglarova *et al.*, 2008).

Características de la planta

Es una planta perenne con un rizoma leñoso de 0,5 a 1,5 cm de espesor, ligeramente cubierta de pelos radiculares, a veces con brotes subterráneos bien desarrollados (Figura 3). Los tallos son rectos, simples o pocos en número, de 150 cm de alto, acostillados, más o menos ramificados, y ramas inferiores sin flores. Las hojas son unitarias, lanceolada lineal o casi lineal, de 1,5 a 8,0 cm de tamaño de largo y de 1-10 mm de ancho; el más bajo a veces tienen puntas trifoliadas (Aglarova *et al.*, 2008).

Las inflorescencias son numerosas, esféricas, sésiles, de 2 a 4 mm de ancho, reunidas en racimos sobre la puntas de tallo y ramas, formando inflorescencias paniculadas. Las hojas de las brácteas son lisas, las exteriores alargadas casi a lanceoladas, las interiores redonda a ovalada, ancha en el borde, las flores marginales son pistiladas, y generalmente, hay siete de ellos, con corolas tubulares ensanchadas hacia la base. Las hojas del estigma son estrechas, lineales y ligeramente puntiagudas, y se extienden desde el tubo divergentemente, las semillas son pequeñas 0,6 mm de largo, plano, en forma de huevo, finamente acanalado y marrón. El peso de la semilla es de 0,3 a 0,5 g por 1000 semillas (Aglarova *et al.*, 2008). En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca, la planta a cosecha alcanzó una altura de 149 cm (Cuadro 2).

Propagación

El estragón se propaga preferentemente por semilla y en menor cantidad por división de la planta y trozos de las raíces. El cultivo de estragón destinado a las producciones de aceites esenciales es más adecuado a partir de cortes de raíces, y los provenientes de semilla producen bajo contenido de aceites (Aglarova *et al.*, 2008).

Cosecha y rendimiento

En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca se obtuvo un rendimiento de 28,1 t/ha, con una densidad de plantación de 66.667 plantas/ha (Cuadro 2). Por otra parte, la materia seca fue observada con un valor promedio total de 31,2 % y considerando solo hojas fue de 20,4%.

Propiedades y usos

Tiene propiedades digestivas, antirreumáticas, antisépticas, diuréticas y laxantes. El aceite esencial contiene predominantemente fenilpropanoides como chavicol de metilo (16,2 %) y metil eugenol (35,8 %) (Aglarova *et al.*, 2008).

El aroma del estragón es ligeramente anisado y es dulce y picante, usado en la cocina como aromatizador, con hojas frescas y/o secas.

Existen diversas variedades dentro de los dos tipos, siendo el más común el estragón francés, caracterizado por su suave aroma y su dulce sabor. Otro muy popular es el estragón ruso, pero a pesar de ser más resistente, es amargo y menos aromático. El ruso pertenece a una especie distinta, la *Artemisia dracunculoides* (Aglarova *et al.*, 2008).



Figura 3. Estragón (*Artemisia dracunculus* L.).

Menta (*Mentha piperita*; *M. spicata*; *M. longifolia*)

Origen y requerimientos agroclimáticos

Es originaria de regiones asiáticas como la antigua Mesopotamia. Perteneciente a la familia Lamiaceae. Se cultiva bastante en Alemania, en los alrededores de Turingia; así como en Francia, Inglaterra, Rusia, India y Japón. Esta planta crece en diferentes tipos de suelo, pero siempre requiere suelos ricos en humus, con buen drenaje, suelos duros y secos no son recomendables, no resiste el encharcamiento, aunque sea por cortos periodos. En la preparación del suelo para el establecimiento de este cultivo se debe aplicar materia orgánica entre 10-12 t/ha (Enríquez, 2017).

Reproducción

En un híbrido entre la menta acuática y la menta espicata (*Mentha aquatica* x *Mentha viridis* = *Mentha spicata*), a su vez, la menta acuática es un híbrido entre menta común y menta nevado (*Mentha rotundifolia* x *Mentha longifolia*), por lo que la *Mentha piperita* es el resultado de una triple hibridación (Délano *et al.*, 2020).

La multiplicación por estolones se realiza entre invierno y principios de primavera, separándolos de plantas madre de uno o dos años, sanas, y de inmediato se siembran a una profundidad de 7 a 10 cm.

Para reproducir la menta por plantines en invierno se eligen trozos de rizomas de plantas vigorosas a una profundidad de 4 a 8 cm. Al brotar, los rizomas originan numerosas plántulas que al alcanzar entre 10 y 15 cm de altura pueden ser trasplantadas, a principios de primavera.

Es poco exigente en requerimiento de agua. Así, regar poco pero frecuente es lo recomendable. Además, las malezas deben ser controladas de manera manual con herramientas. Lo anterior, ya que no hay herbicidas recomendados, pues existe poca información del manejo de malezas. Puede vegetar durante varios años, sin embargo, una renovación anual o cada dos años es lo recomendable. Crece bien en suelo rico en materia orgánica y algo húmedo; es muy invasora y competitiva. El crecimiento se puede controlar realizando una poda de tallos, ramas y hojas.

Características de la planta

Es una planta herbácea, de tallos erectos cuadrangulares, muy ramificados que pueden alcanzar hasta unos 80 cm de altura. Las flores se encuentran agrupadas en tirsos densos de color púrpura, presenta estolones y, como todo híbrido, rara vez da semillas y, cuando existen, éstas tienen un escaso poder germinativo y originan plantas con características

diferente (Figura 4). Tiene un olor fuerte, agradable y un sabor canforáceo, al principio picante y después refrescante. Se caracteriza por alta rusticidad, productividad, rendimiento y calidad de esencia (Délano *et al.*, 2020).

En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca, la planta a cosecha en menta negra alcanzó una altura de 85 cm y para menta blanca la altura fue de 77 cm (Cuadro 2).

Cosecha y rendimiento

Un rendimiento de 25,6 t/ha de hoja en menta negra y 25,2 t/ha en menta blanca fueron obtenidas en las evaluaciones realizadas en INIA Carillanca (Cuadro 2). Por su parte, en cuanto a materia seca, la menta negra arrojó un total de 31,5 % y en hojas de 37 %, mientras que en menta blanca estos contenidos fueron de 23,2 % y 21,1 %, respectivamente.

Propiedades y usos

Tiene propiedades aromáticas, antisépticas, espasmolíticas, antifatulentas, analgésicas, coleréticas, colagoga y carminativa. En la industria farmacéutica se utiliza la hoja seca y con un contenido mínimo de aceite esencial de 1,2/100 g. Este aceite es rico en mentol, mentona, flavonoides y principio amargo. Las partes utilizadas son las hojas y extremos floridos, tanto en licorerías e industrias farmacéuticas, así como también en condimentaría (Délano *et al.*, 2020).



Figura 4. Menta (*Mentha piperita*; *Mentha spicata*; *Mentha longifolia*), negra y verde

Orégano (*Origanum vulgare* L.)

Origen y requerimientos agroclimáticos

El orégano pertenece a la familia Lamiaceae, nativa del oeste o suroeste de Eurasia y la región Mediterránea. Esta planta se usa como condimento, en preparación de infusiones (Arcila-Lozano *et al.*, 2004). Se adapta a una amplia diversidad de suelos, siempre que no existan limitaciones graves de drenaje. Es importante considerar una nivelación de suelos si existe mucha pendiente o presenta una topografía muy irregular. Los excesos de humedad en el suelo y salinidad limitan el establecimiento por ser muy sensible. El tipo de clima para un crecimiento y desarrollo óptimo es el templado cálido, con alta luminosidad, sin neblinas frecuentes y con baja humedad ambiente especialmente los meses de cosecha (Délano *et al.*, 2000).

Características de la planta

Las hojas son de color verde oliva y las flores de color púrpura (Figura 5). Las hojas pueden ser usadas como condimento en comidas o planta medicinal, ya que es muy útil para curar fiebres muy altas y desintoxicar el hígado, además de antiinflamatorio y antiespasmódico.

La planta es perenne con una altura cercana a los 45 cm, los tallos se ramifican en la parte superior y tienden a deshojarse en la parte inferior. Las hojas son opuestas, ovaladas y anchas de entre 2 y 4 cm, con bordes enteros o ligeramente dentados y vellosidad en el haz. Las flores son de color blanco a rosado, dispuestas en inflorescencias terminales ramificadas, y protegidas por hojas pequeñas.

La planta una vez cosechada alcanzaría una altura de 66 cm según lo observado en evaluaciones realizadas en INIA Carillanca (Cuadro 2).

Agronomía

En Chile la plantación o siembra se realiza entre abril y septiembre. Sin embargo, ésta se puede realizar en octubre en caso de año lluvioso y las temperaturas lo permitan. Mientras más tarde sea la época de plantación mayor es el riesgo de pérdidas de plantas por deshidratación, lo que provoca un mal establecimiento y la imposibilidad de recurrir a un replante. La plantación en los primeros meses invernales permite una mayor oportunidad de replante y mejor condición de planta a la cosecha (Escaff *et al.*, 2001).

El establecimiento se puede realizar por medio de plántulas enraizadas, o por el corte de partes de las plantas establecidas a 2 a 3 centímetros por debajo del lomo del surco de plantación, obteniendo plantas con raíces de 2 a 3 cm de largo y 10 cm de altura. El corte se realiza luego de la cosecha, con herramientas como azadón y serrucho. También la realización de almácigo-trasplante es factible, aunque se obtienen plántulas más débiles.

En mesas o camellones distanciados a 60–70 cm se pueden establecer, con una distancia sobre la hilera entre 10 y 20 cm, obteniendo una densidad entre 66.666 a 166.000 plantas/ha. El riego de pre-plantación debe ser muy profundo y abundante para posteriormente realizar la plantación y lograr que el riego de pos-plantación sea lo más alejado posible. Por su parte, el riego presurizado es recomendable, idealmente, por goteo con una cinta de riego por hilera/camellón, y suspenderlo unos 7 a 14 días antes de la cosecha, para evitar el manchado del orégano por humedad.

La cosecha de orégano es de planta completa, por lo cual es muy extractiva en nutrientes, más aún cuando la segunda cosecha es muy cercana a la primera, en donde se vuelve a sacar todo el material vegetal. Para estimular la vegetación y por tanto la producción de biomasa, se aconsejan valores de 120–150 kilos de nitrógeno, equilibrados con aportes de 80–100 kilos de fósforo y de 100–120 kilos de potasio. El nitrógeno se aplica en la recuperación vegetativa y luego de las cosechas, especialmente después de la última, para que la planta recupere energía para pasar el invierno (Infoagro, 2022).

Respecto de enfermedades y plagas, la literatura señala que el principal problema es la roya (*Puccinia* spp.) y oídio (*Oidium* spp.), aumentando la incidencia con días cálidos y mañanas muy húmedas. Bajo estas condiciones se recomienda realizar aplicaciones preventivas de con fungicidas como propiconazol, con alto volumen de agua para cubrir todo el follaje. Los ataques de insectos son poco comunes.

Respecto a control de malezas, y dado que la vida útil del cultivo es de 8–10 años, para evitar la compactación del suelo se recomienda realizar escardas, que permiten mantener controladas las malezas y ventilar el suelo, evitando la asfixia radicular en caso de estancamiento de agua (Escaff *et al.*, 2001).

Cosecha y rendimiento

En la planta de orégano se cosechan tanto las hojas como las flores en el período de plena floración. Lo anterior, porque la producción de esencia por las flores se incrementa una vez éstas ya se han desarrollado totalmente.

Un rendimiento de 49,8 t/ha de hoja (Cuadro 2), con una densidad de 100 mil plantas/ha fueron obtenidos en evaluaciones realizadas en INIA Carillanca. Por su parte, un total de 32,6 % y en hojas de 34,6 % de materia seca fueron observados. La literatura señala rendimientos inferiores a los obtenidos por el programa. En 100 kg de planta entera cosechada es posible obtener aproximadamente 15 kg de hojas. Si el destino es la extracción de esencia, los rendimientos son muy variables según la zona de cultivo, se menciona alrededor de 2 kg de aceite esencial por tonelada métrica, es decir un rendimiento medio por ha de 30 kg de aceite esencial. Para aceite, las hojas deben secarse a la sombra, pues el sol destruye el aceite esencial, y debe guardarse en recipientes cerrados herméticamente, en lugares frescos y secos (Infoagro, 2022; Escaff *et al.*, 2001).

Propiedades y usos

La esencia aromática es de color amarillo limón, compuesta por un estearópteno y dos tipos de fenoles (Cuadro 1), principalmente carvacrol y timol en menor proporción, se encuentra en glándulas repartidas por toda la planta. Las raíces contienen estaquiosa y los tallos sustancias tánicas (Arcila-Lozano *et al.*, 2004).

Es muy utilizado en forma de tisana, como tónico general, contra trastornos digestivos como espasmos gastrointestinales, digestiones lentas, otros; contra la tos-ferina y como carminativo. Tiene propiedades antiespasmódicas, estimulantes, expectorantes, diuréticas, sudoríficas, antitumoral, antisépticas, cicatrizantes, otras. Especialmente indicado para problemas de asma, enfisemas, dolores reumáticos, úlceras y micosis cutáneas. Pero el orégano destaca, principalmente, por su actividad antioxidante, asociada al carvacrol y el timol de la esencia del orégano (Ortiz y Lombardo, 2009).



Figura 5. Orégano (*Origanum vulgare*).

Salvia (*Salvia officinalis* L.)

Origen y requerimientos agroclimáticos

Es una planta silvestre y de origen mediterráneo, en el sureste de Europa, aunque se ha naturalizado en muchos lugares del mundo. La salvia pertenece a la familia Lamiaceae. Las salvias pertenecen a un género que abarca gran número de especies e híbridos, más de 90 (Verdeesvida, 2022).

El clima es el factor restrictivo más importante, adaptándose mejor a un clima mediterráneo, con inviernos suaves y veranos largos. Como regla general, las salvias necesitan pleno sol para florecer en abundancia, o sombra ligera. Un sustrato bien drenado es clave, rico en nutrientes, aunque también se adaptan a suelos pobres (Verdeesvida, 2022).

Según la especie y el clima, las salvias florecen en primavera, verano, otoño e incluso invierno. Las de floración tardía, en su mayoría originarias de México y América Central y del Sur, han ganado últimamente gran presencia en los jardines por su capacidad de aportar interés ornamental en los meses más fríos del año.

Un sustrato bien drenado es clave, pero si es rico y fresco, mejor, aunque se adaptan a los suelos pobres. El pH les resulta indiferente. Requiere riegos profundos y espaciados. Suelen ser resistentes a la sequía y el calor, lo que, sumado a su capacidad para adaptarse a todo tipo de suelos, las hacen muy recomendables de poco riego.

En cuanto a su rusticidad, hay algunas especies y cultivares que son capaces de soportar fríos muy intensos gracias a sus raíces tuberosas o sus fuertes rizomas, y otros que empiezan a sufrir apenas la temperatura baja de 0 °C. Para que den flores de forma incesante conviene suprimir las flores marchitas antes de que se forme la semilla (Verdeesvida, 2022).

Características de la planta

Es una planta perenne, crece hasta unos 70 cm de altura, de tallos erectos y pubescentes, hojas pecioladas, oblongas y ovales, con la nervadura bien marcada (Figura 6). Pueden ser anuales, bianuales, vivaces y subarbutos. Tienen en común un follaje en general aromático, que puede ser perenne o caduco, verde vivo o con tonalidades grisáceas y hasta burdeos, y muchas veces afelpado (Verdeesvida, 2022).

Las flores son blanco-violáceas en racimos, con corola de hasta 3 cm, cuyo labelo superior suele ser entero, y se insertan en un cáliz largo, que en numerosas ocasiones es del color de la corola, el cáliz es más pequeño que la corola con tonalidades púrpura. Surgen dispuestas en espiral para formar racimos o espigas. Las abejas, mariposas y pájaros tienen verdadera predilección por ellas. En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca, la planta a cosecha alcanzó una altura de 70 cm (Cuadro 2).

Agronomía

Se propaga fácilmente por esquejes, estolones o división de planta y también por semilla en almácigo-trasplante, para lo que se recomienda una dosis de 10-15 kg de semilla/ha. La profundidad de siembra debe ser de un centímetro aproximadamente (Verdeesvida, 2022)

En caso de que se recurra a la propagación agámica, se obtienen vástagos idénticos a la planta madre de la cual se ha extraído el material de multiplicación. Habitualmente se recurre a esquejes extraídos de plantas de 2 o 3 años, de 8-10 centímetros de longitud con al menos cuatro yemas. Su aptitud para arraigar es muy alta. El trasplante puede efectuarse en dos o más hileras. La época de plantación puede ser otoño o primavera.

Se recomienda una distancia de plantación de 60-80 cm entre hileras, y 20 cm sobre la hilera, alcanzando una densidad aproximada de 75.000 plantas/hectárea.

La fertilización dependerá del resultado del análisis de suelo. En el programa GORE-INIA Hortalizas se utilizó anualmente 40-50 kg/ha de nitrógeno, 100 de fósforo y 80-100 de potasio. El nitrógeno se aplica en cobertera, luego de las recolecciones de hojas, hasta que la planta y entre la recuperación vegetativa.

Cosecha y rendimiento

La recolección de salvia se recomienda realizar hasta el segundo año de siembra, siendo importante si se quieren buenas concentraciones de esencias aromáticas. Las hojas se pueden usar frescas. Se pueden hacer ramilletes y colgarlas en un sitio aireado cálido y seco (Verdeesvida, 2022). En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca se obtuvo un rendimiento de 25,3 t/ha de hoja (Cuadro 2), con una densidad de 66.667 plantas/ha, trasplantada en enero. Por su parte, en cuanto a materia seca, arrojó un total de 26,9 % y en hojas de 35,4 %.

Propiedades y usos

Desde la antigüedad ha sido utilizada para fines gastronómicos, medicinales e incluso ornamentales. Su cultivo tiene uso medicinal, en la cocina, cosmética y ornamental (Verdeesvida, 2022).

Varias marcas de pasta dental han incorporado plantas medicinales con propiedades antisépticas como salvia, menta, romero, y manzanilla. El contenido de aceite esencial varía de acuerdo a la época del año, tipo de suelo y estado de estrés de la planta. Muchos componentes, sobre todo monoterpénicos y sesquiterpenos, se encuentran de manera regular (Cuadro 1).



Figura 6. Salvia (*Salvia officinalis*)

Tomillo (*Thymus vulgaris* L.)

Origen

No está bien definido su lugar de origen, y la mayor parte de los investigadores del mundo aceptan como valedera la teoría que el tomillo tiene como origen la costa sud española bañada por el mar Mediterráneo, comprendida entre las provincias de Cataluña, Valencia, Murcia, Andalucía e Islas Baleares. Sin embargo, indica también que en la región costera Marroquí y Argélica del Continente Africano se encontraron testimonios escritos sobre el tomillo, presumiéndose como originario del noreste de África. Asimismo, indica que hoy en día el tomillo se cultiva en Argentina, Colombia, Perú, Venezuela y otros países latinoamericanos (Crespo, 1989).

Características de la planta

La planta es perenne, leñosa, muy polimorfa, alcanzando una altura de 40 cm. Las hojas son lineares, con el pecíolo o sus márgenes doblados hacia abajo, blanquecinas en el envés, miden entre 4 y 8 mm de largo, oblongas, sentadas o brevemente pediceladas, opuestas, sin cilios. La planta posee numerosas ramas, leñosas, compactas, de color parduzco o blanco aterciopelado. Sus flores son de color rosado y blanco, axilares y agrupadas en la extremidad de las ramas, formando una especie de capítulo terminal. Las brácteas son verde grisáceas (Figura 7). El fruto es un tetraquenio, lampiño, de color marrón (González, 2015).

En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca, la planta a cosecha alcanzó una altura de 40 cm (Cuadro 2).

Agronomía

La multiplicación es por semillas, se comienza haciendo un almácigo en invernadero antes de terminar el invierno, para recién trasplantar cuando el peligro de las heladas tardías es mínimo y las plántulas alcanzaron un crecimiento de alrededor 10 cm de altura. Es uno de los cultivos menos exigentes en cuanto a composición de suelo. Es muy rústico, pero las mejores cosechas, con una producción de calidad, se tienen en tierras de fertilidad media y regular, con cierta proporción de humus en su composición, como son los suelos sueltos, permeables, donde el agua no se acumula, por ejemplo, los calcáreos, humíferos, que además son de fácil labranza (Crespo, 1989).

Cosecha y rendimiento

En evaluaciones realizadas en INIA Carillanca se obtuvo un rendimiento de 42,3 t/ha de planta completa, con una densidad de plantación de 72.222 plantas/ha (Cuadro 2). Por su parte, en cuanto a materia seca, se determinó un total de 30,1 % y en hojas de 35,1 %.

Propiedades y usos

El tomillo seco mantiene la mayor parte de su aroma y sabor, por lo que es muy apreciado como hierba aromática por su contenido de flavonoides (Cuadro 2). Planta con intenso aroma leñoso, que crece sobre suelos secos y soleados, resiste bien las heladas y sequías.

En medicina popular la infusión de las partes aéreas de esta planta se emplea para tratar malestares digestivos (cólicos, diarrea, dispepsia, flatulencia, parásitos, vómitos), respiratorios (amigdalitis, laringitis, bronquitis, catarro, tos, resfrío) (MINSAL, 2010).



Figura 7. Tomillo (*Thymus vulgaris* L.)

Conclusiones

Todas estas especies fueron evaluadas en el programa "Mejoramiento de la competitividad del rubro hortícola en La Araucanía con el propósito de transformar a la región en el proveedor de hortalizas para la zona sur y de exportación" código BIP N°40008780-0. Los antecedentes de siembra y productivos de esta experiencia se muestran en el cuadro 2, donde se refleja los resultados de una temporada (2019/2020). Las plantas utilizadas fueron producidas a partir de semilla disponible en el mercado, sembradas en almácigos bajo cubierta, proceso que fue de larga duración. Luego, las plántulas se trasladaron a maceta, manteniéndolas bajo esta condición hasta el trasplante a campo.

Referencias

Aglarova, A., Zilfikarov, I., y Severtseva, O. 2008. Biological characteristics and useful properties of tarragon (*Artemisia dracunculus* L.). *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 42(2), 81-86.

Arcila-Lozano, C., Loarca-Piña, G., Lecona-Uribe, S., y González de Mejía, E. 2004. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 54(1), 100-111.

Crespo, M. 1989. Cultivo de plantas aromáticas para condimento Editorial Albatros, SACI Buenos Aires, República de Argentina. Pp 166 - 167 -168 - 169 - 170.

Délano, G., Zamorano, M., Ormeño, J., Sepúlveda, P., Hewstone, N., Estay, P. y Hinrichsen, P. 2000. Cultivo de plantas medicinales como alternativa para el secado de la VI Región [en línea]. Santiago: Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias. N°31. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7452> (Consultado: 20 febrero 2023).

Enríquez, D. 2017. Evaluación de cuatro sustratos en la multiplicación de variedades de Menta (*Mentha piperita* y *Mentha spicata*) (Bachelor's thesis, El Angel: UTB, 2017).

Escaff, M., Blanco, C. y Gil, P. 2001. Antecedentes para el establecimiento del cultivo del orégano. Quillota: Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/29158> (Consultado: 20 diciembre 2022).

Fernández, P. 1994. Las Plantas Medicinales y Aromáticas. Aporte a la Transformación Productiva de la Agricultura. Serie Ruralidad N° 6. Confederación Nacional de la Agricultura Campesina. La voz del Campo.

FIA. 2008. Resultados y lecciones en plantas aromáticas y medicinales. Serie Experiencias de Innovación para el Emprendimiento Agrario. Temuco, Chile. 36p.

González, P. 2015. Análisis de crecimiento y acumulación de biomasa en tomillo (*Thymus vulgaris* L.) (Doctoral dissertation, Universidad Autónoma de Baja California Sur).

Infoagro. (19 de diciembre de 2022). Obtenido de Infoagro.com: <https://infoagro.com/aromaticas/eneldo.htm>

Infoagro. (19 de diciembre de 2022). Obtenido de <https://www.infoagro.com/aromaticas/oregano.htm>

Kehr, E., Saavedra, G., Bastías, M., Fontanilla, C. y Sandoval, B. 2022-10. Características y usos de especias en la Región de La Araucanía (1a parte) [en línea]. Temuco, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informativo INIA Carillanca N° 167. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68716> (Consultado: 14 noviembre 2022).

Kehr, E., Saavedra, G., Bastías, M., Fontanilla, C. y Sandoval, B. 2022-10. Características y usos de especias en la Región de La Araucanía (2a parte) [en línea]. Temuco, Chile: Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Informativo INIA Carillanca. N° 169. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/68717> (Consultado: 14 noviembre 2022).

Massardo, F. y Rozzi, R. 1996. Usos Medicinales de la Flora Nativa Chilena. Valoración de la Biodiversidad. Ambiente y Desarrollo. Vol XIII N° 3. Pp 76-81.

MINSAL, 2010. Medicamentos Herbarios Tradicionales. Consultado <https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d983cf52ca38bd6e04001011e011da0.pdf>

Ortiz, A. y Lombardo, M. 2009. Cultivo de plantas medicinales en la provincia de Jaén. Boletín del instituto de estudios Giennenses, (200), 195-230.

Phippen, W. B., y Simon, J. E. 1998. Anthocyanins in basil (*Ocimum basilicum* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46(5), 1734-1738.

Torres, M. 2000. Análisis y Perspectivas de las Exportaciones Chilenas de las principales Hierbas Medicinales y/o Aromáticas. Tesis de Grado. Facultad de Ciencias Silvoagropecuarias. Esc. de Agronomía. Universidad Mayor. Santiago. 108 Pág.

Verdeesvida. https://www.verdeesvida.es/fichas_de_plantas/plantas-de-lor_3/salvia-mexicana--salvia-amatista_3206

Anexo 1. Metodología utilizada para el cálculo de demanda de agua

La demanda de agua se estimó utilizando la metodología propuesta por FAO56 (FAO., 2006), calculando la evapotranspiración de referencia (ET_o) con las ecuaciones de Penman-Monteith y Hargreaves. Los coeficientes de cultivo (K_c) fueron determinados en forma numérica considerando un K_c inicial y de mediados de ciclo de cultivo constantes. Mientras que para el cálculo del K_c de la etapa de desarrollo y final se consideró que varía en forma lineal entre el valor de K_c de la etapa previa y el valor de K_c al comienzo de la próxima etapa. Así, queda variable según la duración en días de cada etapa de acuerdo a la época de siembra o trasplante y periodo de cosecha de cada especie hortícola para las distintas zonas agroecológicas.

La precipitación efectiva (P_{peff}) diaria se obtuvo de las estaciones meteorológicas automáticas (EMAS) de INIA, a través de un registro histórico desde 2011 a diciembre de 2021 en las zonas agroecológicas: secano interior (EMA, La Providencia, comuna de Traiguén), precordillera (EMA INIA Carillanca, comuna de Vilcún), valle central (EMA Cuarta faja, comuna de Gorbea), y secano costero (EMA Tranapunte, comuna de Carahue).

La ecuación utilizada para el cálculo diario fue:

$$P_{peff} = (\text{precipitación diaria} - 10) \times 0,75, \text{ en cada zona.}$$

La demanda neta (DN) diaria se estimó a través de la evapotranspiración del cultivo (ET_c), considerando la diferencia entre ésta y la precipitación efectiva (P_{peff}), que ocurre desde la siembra o plantación hasta la cosecha de cada una de las especies hortícolas. La demanda bruta (DB) se determinó en forma diaria en mm/día con eficiencia de aplicación de 0,9 para sistema de riego por goteo (riego presurizado de alta frecuencia). Con esto se pudo obtener el volumen de agua en m³/ha para un sistema de producción con riego por goteo desde la siembra o plantación, hasta la cosecha.

Referencias

FAO, 2006. Evapotranspiración del cultivo. Guía para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO riego y drenaje N°56. Roma, Italia. 322p.





GOBIERNO REGIONAL
DE LA ARAUCANÍA



Boletín INIA / N° 472
www.inia.cl

