

Manual de Cultivos Suplementarios

Rolando Demanet Filippi
Cristian Canales Cartes
Juan Carlos García Díez



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

Manual de Cultivos Suplementarios

Rolando Demanet Filippi
Cristian Canales Cartes
Juan Carlos García Diez



INDICE

Introducción 03

Cereales

Avena	04
Trigo	16
Triticale	23
Cebada	32
Centeno	40
Maíz	45
Sorgo	80



Brassicas

Nabo Forrajero	92
Rutabaga o Colinabos	100
Raps Forrajero	105
Coles	112
Remolacha	118



Leguminosas

Arveja Forrajera	133
Vicia	142



Costos Cultivos Forrajeros148

Literatura citada173

INTRODUCCIÓN

Los cultivos forrajeros o también denominados cultivos suplementarios son opciones que se utilizan para el consumo animal de pastoreo, soiling, forraje conservado o en combinación de alternativas. Se caracterizan por generar un abundante volumen de forraje verde que se concentra en un periodo muy acotado y su calidad está relacionada con la especie y el momento de utilización. Las opciones destinadas a la conservación de forraje se aprovechan preferentemente en los periodos de escasez, pero en sistemas ganaderos intensivos constituyen parte de la dieta de los animales durante todo el año.

Cultivos forrajeros de uso habitual en la zona mediterránea húmeda y templada.

Especie	Pastoreo	Soiling	Conservación de forraje
Avena	✓	✓	✓
Trigo	✓	✓	✓
Triticale	✓	✓	✓
Cebada	✓	✓	✓
Centeno	✓	✓	✓
Maíz		✓	✓
Sorgo	✓	✓	✓
Nabo forrajero	✓		
Rutabaga	✓		
Raps forrajero	✓		
Col forrajera	✓		
Remolacha forrajera	✓	✓	
Arveja	✓		✓
Vicia			✓

Los cultivos forrajeros además de constituir un suplemento de calidad en la dieta de los animales, reducen el consumo de concentrados, evitan el uso de praderas y pasturas permanentes durante el invierno y son una opción de pre cultivo para el establecimiento de pasturas. También se utilizan como cabecera de rotación en áreas de mejoramiento de los suelos y habilitación de terrenos para hacer agricultura.

Todas las alternativas de cultivos y forrajes suplementarios poseen altos requerimientos nutricionales para expresar su potencial de producción. Esto determina el uso de niveles de fertilización elevados, cuyo efecto residual es utilizado por el siguiente cultivo o pastura. Un ejemplo clásico es el establecimiento de pasturas permanentes después de la cosecha de maíz. El efecto residual de la fertilización del cultivo permite el desarrollo de pasturas de alto nivel productivo en los dos primeros años, aunque estas se reducen drásticamente a partir del tercer año, cuando la pastura no logra superar el 50% de la producción conseguida en las dos primeras temporadas.

La presente publicación busca contribuir al conocimiento técnico de las distintas opciones de cultivos forrajeros suplementarios disponibles y abarca los principales ámbitos involucrados en la producción de forrajes, conservación y costos de producción.



Avena

Avena sativa L

Avena (*Avena sativa* L.)

La avena es una especie monocotiledónea anual perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Pooideae, tribu Aveneae, género *Avena*. Corresponde a una planta hexaploide (42 cromosomas) que se cultiva en la mayor parte de las zonas templadas y mediterráneas del mundo.

Origen

El origen de la avena es el Oriente Próximo desde donde se diseminó hacia Europa. La introducción en Chile se produjo en la segunda mitad del siglo XIX por los alemanes que colonizaron la zona sur del país (Opazo, 1932). Antes de la llegada de avenas cultivadas en el país existían algunas especies de avenas silvestres (*Avena fatua* L. y *Avena barbata* L.), que ingresaron como contaminantes de otros granos en el periodo de la colonización española y que hoy forman parte de los pastizales naturalizados del área mediterránea y templada (Matthei *et al.*, 1995).

Descripción botánica

La planta se distingue de otros cereales de grano pequeño por la presencia de una panícula, denominada panoja, donde se encuentran las diferencias morfológicas más importantes entre las especies del mismo género. Tiene dos tipos de raíces: las seminales o primarias, formadas a partir de la radícula durante la germinación de la semilla, y las principales o adventicias que emergen de la base de los tallos y crecen desde el inicio de la macolla hasta la emergencia de la panoja (Beratto, 2006). Las hojas ubicadas a lo largo del tallo de forma alterna y opuesta son solitarias sésiles y constan de vaina foliar, lámina y lígula (Bonnett, 1961). La panoja de aspecto piramidal, está formada por un raquis central que posee nudos desde donde nacen los verticilos que, a su vez, constan de varios raquis secundarios. A partir de estos, nacen los pedicelos que sostienen las espiguillas. El fruto es una cariósipide que se encuentra rodeado por dos cubiertas protectoras, la lemma y la palea, que en conjunto forman la cáscara (Beratto, 2006).

Cultivares

La historia en Chile de los cultivares de avena es reciente. Tras la llegada de las semillas con los alemanes colonizadores de la región templada, los agricultores importaron materiales principalmente de Europa. A los distintos cultivares se les nombraba mediante algunas de sus características y por el país de origen. Así tenemos Avena Blanca de Polonia, Precoz de Siberia, Blanca de Hungría y Blanca de Alemania (Opazo, 1932; Beratto, 2006). Los cultivares posteriores mantuvieron el nombre original y entre ellos destacaron Alteza Dorada, Gris Concordia, Soleil II, Condor y Putnam 61 (Beratto, 2006).

En la actualidad todos los cultivares de avena disponibles en el país son de tipo alternativo y de hábito de crecimiento erecto. Pueden ser utilizados para producción de forraje invernal y ensilaje o grano en primavera, razón por la cual son considerados de doble propósito.

Principales cultivares de avena comercializados en el país utilizados en pastoreo invernal y ensilaje

Cultivar	Hábito de desarrollo	Hábito de crecimiento	Obtentor
Llaofén	Alternativo	Erecto	INIA
Nehuén	Alternativo	Erecto	INIA
Supernova	Alternativo	Erecto	INIA
Urano	Alternativo	Erecto	INIA
Symphony*	Alternativo precoz	Semi erecto	Nordsaat Saatucht**
Harmony	Alternativo	Intermedio	Nordsaat Saatucht**
Pituca	Alternativo	Semi rastrero	Semillas Baer

(*): Presenta una sensibilidad mayor a *Pseudomonas syringae* pv. *coronafaciens*

(**): Representada en Chile por Semillas Baer

Utilización

Los cultivares de avena establecidos en verano y otoño son utilizados para pastoreo o corte invernal. Los sembrados en primavera son destinados a la elaboración de ensilaje, heno, henilaje o cosecha de grano (doble propósito). La versatilidad de la avena viene dada por la capacidad que tiene de producir en un corto periodo, forraje de calidad en condiciones de temperatura, humedad y volúmenes tales que otras especies son incapaces de generar. Esto permite su uso como forraje verde en pastoreo y soiling, ensilaje o cultivo acompañante en el establecimiento de pasturas.

Uso invernal

El uso de avena en pastoreo se realiza entre los meses de abril y septiembre. En estos meses se usa como suplemento voluminoso de alta calidad bromatológica, con niveles de proteína incluso superiores a 30%.

Periodo de siembra: La época de establecimiento depende de la localidad, el sistema de preparación del suelo y los objetivos del cultivo. Para pastoreo invernal, la siembra se realiza entre los meses de enero y marzo en área bajo riego, y de ese modo

tener la opción de utilizar la pastura a inicios de otoño. En sectores de secano la siembra se retrasa a los meses de febrero a abril con el objetivo de obtener una adecuada emergencia después de las precipitaciones de fines de verano e inicios de otoño.

Es habitual que las plantas de avena sean afectadas en sus primeros estados de desarrollo por las frecuentes heladas que ocurren en el periodo otoñal, razón por la cual es necesario sembrar tempranamente.



Efecto de las heladas en los primeros estados de desarrollo de la avena.

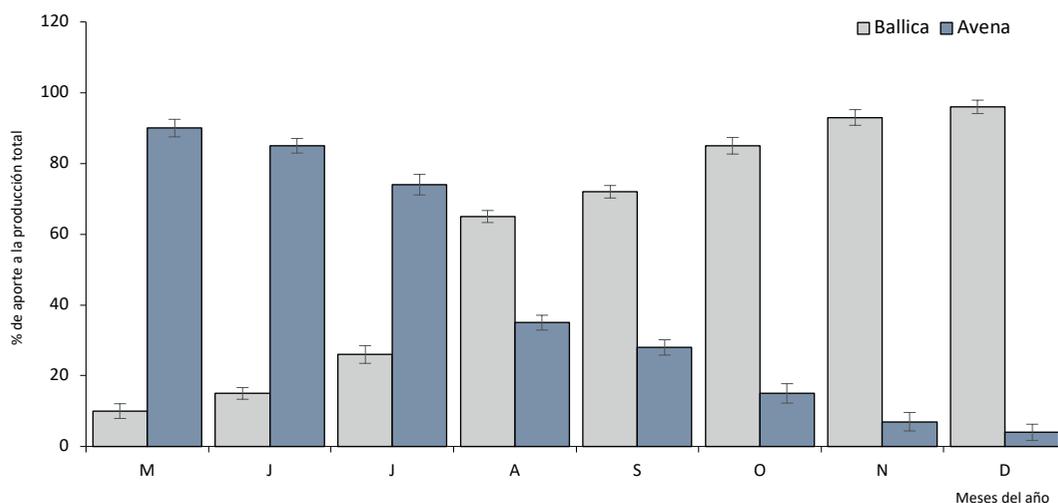
Sistema de siembra: El establecimiento se realiza en sistema de cero labranza o mínima labor para tener un piso firme y apto para el pastoreo durante el invierno. La siembra se hace en línea o al voleo, procurando en ambos casos que la semilla quede en contacto con el suelo. En establecimientos en línea, es adecuado utilizar sembradoras con distancias entre hileras que no superen los 15 cm con el objetivo de lograr en un corto periodo una alta cobertura.

Para la utilización en pastoreo, la siembra se puede hacer con avena sola o en mezcla con cereales de grano pequeño, gramíneas o leguminosas forrajeras de rotación.

En la zona templada es frecuente la siembra de avena + ballica de rotación corta + trébol rosado que, además de permitir el uso invernal en la primera temporada, extiende la longevidad de la pastura a tres años. En áreas de clima mediterráneo húmedo la siembra de avena se hace con trébol encarnado o tréboles de resiembra anual e incluso ballicas anuales de resiembra. Todas estas mezclas son utilizadas durante el invierno en pastoreo y en primavera son rezagadas para elaboración de forraje conservado: ensilaje, henilaje o heno.



Siembra de avena cero labranza al voleo y en línea sobre rastrojo de maíz de ensilaje.



Aporte porcentual de los componentes de la mezcla de avena + ballica anual

Coefficiente de variación: 8,77%

Dosis de semilla: Los principales factores que definen la dosis de semilla son el sistema y la época de siembra, como también la asociación con otras especies. Para la siembra de verano, cuyo objetivo es el pastoreo invernal, la dosis es entre 200 y 240 kg/ha, equivalente a 480 y 576 semillas/m². En asociación con ballicas de rotación corta, la dosis es 80 kg de avena/ha (lo que equivale a 192 semillas de avena/m²) + 25 kg/ha de ballica diploide ó 30 kg/ha de ballica tetraploide.

Dosis de semilla (kg/ha) de avena sembrada sola o en mezcla con gramíneas y leguminosas de rotación corta.

Especie	Avena	Ballica Diploide	Ballica Tetraploide	Trébol Rosado	Trébol Encarnado
Avena (1)	220 - 240				
Avena + ballica diploide (2)	80	25			
Avena + ballica tetraploide (2)	80	30			
Avena + trébol rosado	80			12	
Avena + ballica 4n + trébol rosado	80		20	10	
Avena + ballica 4n + trébol encarnado	120		25		30
Avena + trébol encarnado	120				35

(1): *Avena sativa*

(2): Corresponde a ballicas de rotación anual, bianual o híbrida

También existe la alternativa de la siembra de avena con otros cereales de grano pequeño como son el Trigo, Triticale, Cebada o Centeno, que permite un aumento de la cobertura y una reducción del tiempo que transcurre entre siembra y la primera utilización. La competencia entre especies produce un crecimiento acelerado, cuyo resultado es el logro de una mayor altura y cubrimiento del suelo en menor tiempo que el registrado en la siembra de la especie sola. En mezcla con cereales, la dosis de semilla de avena se reduce a 100 kg/ha.

Una de las mezclas que presenta un buen comportamiento es la compuesta por avena y centeno, la que logra en menos de 40 días una interesante cobertura y la suficiente disponibilidad (kg MS/ha) para realizar el primer pastoreo de la temporada.

Dosis de semilla de avena sembrada en mezcla con cereales de grano pequeño para uso en pastoreo de invierno (kg semilla/ha).

Mezcla	Avena	Cereal	Total
Avena + Centeno	100	120	220
Avena + Trigo	100	140	240
Avena + Triticale	100	140	240
Avena + Cebada	100	120	220



1) Avena cv Supernova sembrada sola. 2) Avena cv Supernova + Centeno cv. Generator.

Control de malezas: El control de las malezas del cultivo de avena, sembrada sola o en mezcla con cereales de grano pequeño y ballica de rotación es opcional y depende de la densidad y agresividad de las especies acompañantes. Es habitual que el pastoreo realizado tempranamente produzca el control de las malezas, lo que evita la aplicación de productos químicos. Para aquellas situaciones que es necesario el control químico, este se realiza de post emergencia y hay diversas opciones de herbicidas aplicados solos o en mezcla.

Opciones de control químico de malezas de post emergencia en avena para pastoreo invernal*

Aplicación	Producto	Dosis/ha (**)
Individual	MCPA 750 SL	1 L
Individual	2,4 480 SL	1,5 L
Individual	DMA 6 SL	0,8 L
Individual	Tordon 24 K SL	125 cc
Individual	Tordon 101 SL	300 cc
Individual	Caimán 70 WG	150 g
Mezcla I	MCPA 750 SL	1 L
	Tordon 24 K SL	100 cc
	Lontrel 3A SL	300 cc
Mezcla II	MCPA 750 SL	1 L
	Caimán 70 WG	150 g
	Lontrel 3A SL	300 cc

(*): Todas las opciones se aplican en 100 a 150 litros de agua/ha.

(**): Adicionar a la dosis recomendada un coadyuvante como LI 700 EC en dosis de 100 cc/ha

Fertilización: La siembra en suelos donde el pre cultivo fue fertilizado en forma abundante (Maíz - Remolacha) y donde existe una fuerte residualidad, no es necesario la aplicación de fertilizantes adicionales ya que este cultivo hará un buen uso de los nutrientes disponibles. En suelos en que la disponibilidad de nutrientes es limitante, la siembra se realiza con una mezcla compuesta por fósforo, potasio, azufre y magnesio que se incorpora en el surco de siembra. El nitrógeno se aplica en forma fraccionada en dosis de 30 kg N/ha (65 kg Urea/ha) después de cada utilización hasta completar una dosis máxima de 92 kg N/ha (200 kg Urea/ha).

Manejo de pastoreo: La utilización se realiza controlando el consumo a través de cercos eléctricos ubicados en franjas largas y angostas. Esto permite regular el residuo (no inferior a 7 cm) y evita la destrucción de las plantas por pisoteo. Este control de ingreso y salida de los animales permite excluir del pastoreo a pasturas que son afectadas por heladas, lo que reduce la muerte de las plantas.

En suelos de alta fertilidad con fuerte presencia de nitrógeno residual (pre cultivo maíz y remolacha) es posible que los animales se intoxiquen al consumir avena debido a la presencia de altos niveles de nitritos y nitratos en la planta, que pueden llegar a causar la muerte (Kozloski *et al.*,2009). Predispone la presencia de nitratos la acidez de los suelos y la deficiencia de fósforo, azufre o molibdeno.



Consumo en pastoreo de avena en invierno.

En sus primeros estados de desarrollo las plantas presentan una alta tasa de crecimiento y son capaces de acumular una importante cantidad de nitrógeno en forma de nitratos que son transformados en proteínas. Estos nitratos, ubicados en el follaje y consumidos por el animal, ingresan al rumen y son reducidos de forma gradual a nitritos que, por su magnitud, no llegan a ser transformados en amonio. Así, ingresan en la sangre convirtiendo la hemoglobina en meta hemoglobina, con lo cual se reduce la capacidad de transporte de oxígeno.



Medición en terreno del nivel de nitritos y nitratos en plantas de avena previo al pastoreo.

La detección de nitritos y nitratos en plantas de avena se puede realizar con pruebas de laboratorio, o test rápidos de campo que producen la primera alerta y definen la pertinencia de uso de la pastura en pastoreo. Algunas formas de prevención de la intoxicación son la extensión del periodo de rezago que permita una mayor acumulación de materia seca, en especial cuando se aplican fertilizantes nitrogenados. Otra alternativa es el uso de alimentos con alta concentración de carbohidratos, pero la más importante es evitar el consumo de avena con animales hambrientos y de baja condición corporal.

El fin del uso de la avena en invierno está definido por el objetivo de la pastura. Si es solo consumo en invierno, el término de su utilización se hace cuando las plantas mueren por consumo del nudo reproductivo. Si la opción es de doble propósito, esto es pastoreo invernal y producción de ensilaje o grano en primavera, el fin del pastoreo se hace cuando el nudo reproductivo esta visible en su base y los animales no lo han consumido.

Rendimiento invernal: Los principales factores que determinan la producción invernal son la fecha de siembra, el cultivar, la dosis de semilla, el nivel de fertilidad del suelo, la nutrición de las plantas, las condiciones climáticas y el manejo del pastoreo. En siembras tempranas de febrero, la avena puede alcanzar la mejor expresión del rendimiento en invierno debido a que es posible su uso a inicios del otoño. En siembras posteriores, la producción se reduce a menos de 2 ton MS/ha y su uso en pastoreo sólo a finales de julio y agosto.

Efecto de la época de siembra en la producción invernal de *Avena sativa* L. *. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco, 2016.

Fecha de siembra	Número de utilizations	Producción (ton MS/ha)
15 febrero	4	4,6 a
1 marzo	4	3,2 b
15 marzo	3	2,2 c
30 marzo	3	1,6 c
1 abril	2	1,1 d
15 abril	1	0,8 d
2 mayo	1	0,2 e

Medias que no comparten una letra en común son diferentes según Prueba de Tukey ($p > 0,05$)

(*): Medición realizada hasta el 10 de septiembre



Calidad bromatológica: Al igual que todos los cereales de uso invernal, la avena posee una excelente palatabilidad y un buen contenido de nutrientes. Destacan los buenos niveles de proteína y digestibilidad de su materia seca, factores que determinan que este producto sea consumido con avidez por el ganado. Limita su consumo el contenido de humedad del follaje, que puede alcanzar valores superiores a 88%. Lo anterior determina que el ganado que consume este recurso, presente una muy buena condición corporal pero no logre ganancias de peso relevantes (> 600 g/cabeza/día).

Calidad bromatológica de la avena medida en diferentes estados de desarrollo de las plantas. Futrono, 2019.

Componente	Unidad	4 a 5 hojas expandidas	5 a 6 hojas expandidas
Materia seca	%	11,8	12,6
Humedad	%	88,2	87,4
Proteína cruda	% MS	30,5	28,3
Proteína soluble	% PC	34,9	33,8
Proteína ligada FDA	% PC	3,1	3,4
Proteína ligada FDN	% PC	14,7	13,8
Proteína degradable ruminal	% PC	67,4	66,9
FDA	% MS	23,0	23,5
FDN	% MS	39,1	39,0
Lignina	% FDN	5,4	5,7
Digestibilidad FDN (30 horas)	% FDN	82,3	78,0
Carbohidratos solubles en etanol	% MS	7,9	8,7
Carbohidratos no fibrosos	% MS	16,6	17,6
Carbohidratos no estructurales	% MS	9,8	11,0
Almidón	% MS	1,9	2,3
Extracto etéreo	% MS	5,7	5,6
Cenizas	% MS	12,6	13,3
Calcio	% MS	0,60	0,60
Fósforo	% MS	0,52	0,48
Magnesio	% MS	0,28	0,29
Potasio	% MS	4,17	4,22
Azufre	% MS	0,40	0,39
Nutrientes digestibles totales (NDT)	% MS	71,1	70,0

MS: materia seca; PC: proteína cruda, FDN: fibra detergente neutra

Uso doble propósito

La utilización en doble propósito significa que la avena es consumida en invierno por los animales en pastoreo y, posteriormente en primavera, es rezagada para la elaboración de forraje conservado (ensilaje, henilaje o heno), cosecha de grano y empaque de los residuos (paja).

Diversos factores condicionan el rendimiento invernal y primaveral de la avena de doble propósito. Los más destacados son la época de siembra, el cultivar, el tiempo de rezago y el estado fenológico al momento de la cosecha. En la zona de transición de clima mediterráneo a templado, la producción anual puede ser superior a las 14 ton MS/ha y en el área templada puede alcanzar las 17 ton MS/ha.

Rendimiento invernal y anual (ton MS/ha) en tres localidades de la zona de transición de mediterránea a templada de avena. Región de La Araucanía.

Zona agroecológica	Localidad	Producción Invernal	Producción Anual
Precordillera	Curacautín	1,1	8,5
Secano Interior	Traiguén	1,4	8,2
Secano Costero	Hualpín	2,3	14,7

Fuente: adaptado de Demanet % García, 2000

Rendimiento invernal y anual (ton MS/ha) en la zona templada de *Avena sativa* L. y *Avena strigosa* Schreb. Osorno, Región de Los Lagos.

Especie de avena	Producción Invernal	Producción Anual
<i>Avena sativa</i> L. cv Nehuen	3,99	17,21
<i>Avena strigosa</i> Schreb.	4,01	17,22

Fuente: adaptado de Soto, 1988.

Uso solo en conservación de forraje

La conservación de la avena (ensilaje, henilaje o heno) es una alternativa que en los sistemas ganaderos se utiliza para la mantención del ganado durante periodos críticos de escasez de forraje. Se siembra sola o en mezcla con leguminosas trepadoras, como vicia y arveja o con leguminosas de crecimiento erecto, como trébol rosado, trébol encarnado o trébol alejandrino.

Periodo de siembra: La siembra se hace entre los meses de mayo a septiembre en sistema de siembra convencional o cero labranza y distancia entre hilera de 12 a 15 cm.

Dosis de semilla: En siembras realizadas entre mayo y julio, la dosis de semilla es de 140 kg/ha, que equivale a 336 semilla/m² y en las siembras efectuadas entre los meses de agosto a septiembre, la dosis es de 160 a 180 kg/ha. En asociación con leguminosas como trébol encarnado, trébol alejandrino, trébol rosado o vicia, la dosis es 80 kg/ha, equivalente a 192 semilla/m². En área con problemas de insectos del suelo, es necesario considerar la aplicación de insecticidas a las semillas para prevenir posibles pérdidas de emergencia de plantas. Una alternativa es la utilización de Imidacloprid (Gaucho 600 FS, Punto 600 FS o Couraze 600 FS) en dosis de 60 a 100 cc/100 kg de semilla.

Control de malezas: Las malezas afectan significativamente el rendimiento y calidad del forraje. El control químico de malezas se inicia con la aplicación de adecuados y oportunos barbechos químicos aplicados con anterioridad a la preparación de suelos y siembra. Después del establecimiento existe la opción de aplicar herbicidas de pre y post emergencia.

Principales opciones de control de malezas en avenas destinadas a ensilaje.

Momento de Aplicación	Dosis por hectárea	Litros de agua	Observación
Pre emergente	1,5 L Diuron 50%	200	No aplicar en suelos con materia orgánica inferior a 6% (arenosos)
Pre emergente	3 L Trifluralina	200	No aplicar en suelos con materia orgánica inferior a 6% (arenosos)
Post emergente	1 L MCPA + 150 g Caimán+ 100 cc LI 700	150	
Post emergente	180 g Arrat + 0,5 L MCPA + 100 cc LI 700	150	



Presencia de malezas en el cultivo de avena para ensilaje.

Fertilización: Los programas de fertilización se realizan en base a los resultados de análisis de suelos de cada sitio de establecimiento. En general, es necesario considerar las aplicaciones de enmiendas de corrección de pH y neutralización de los fertilizantes nitrogenados amoniacales que se utilizan en el cultivo. Para corregir el pH se debe considerar que, en los suelos de origen volcánicos de la zona sur, por cada tonelada de cal que se aplique el pH puede subir 0,15 puntos y si se utiliza dolomita este cambio será mayor alcanzando a 0,2 puntos de pH por cada tonelada. Para neutralización es necesario utilizar al menos 4 kg de carbonato de calcio (calcita) por cada kilo de nitrógeno amoniacal aplicado al cultivo.

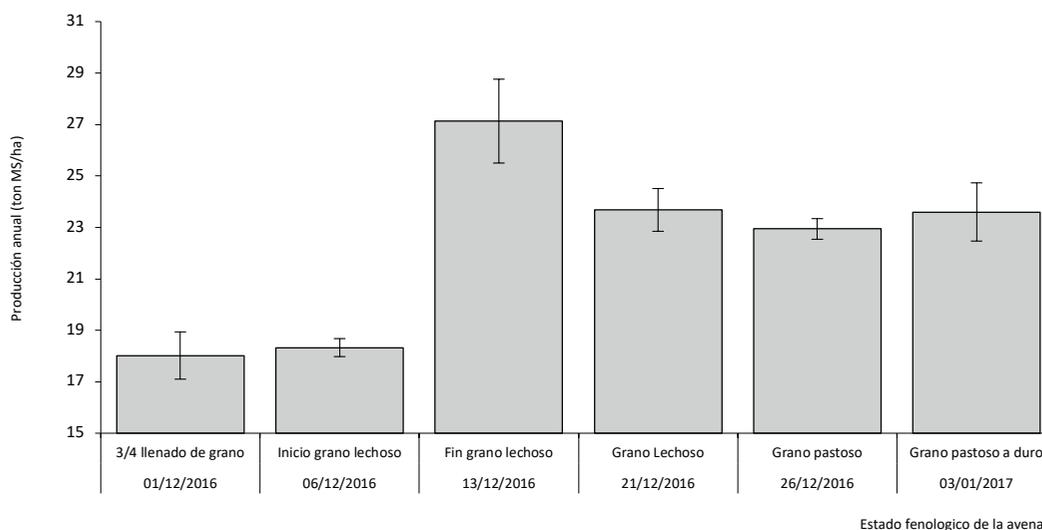
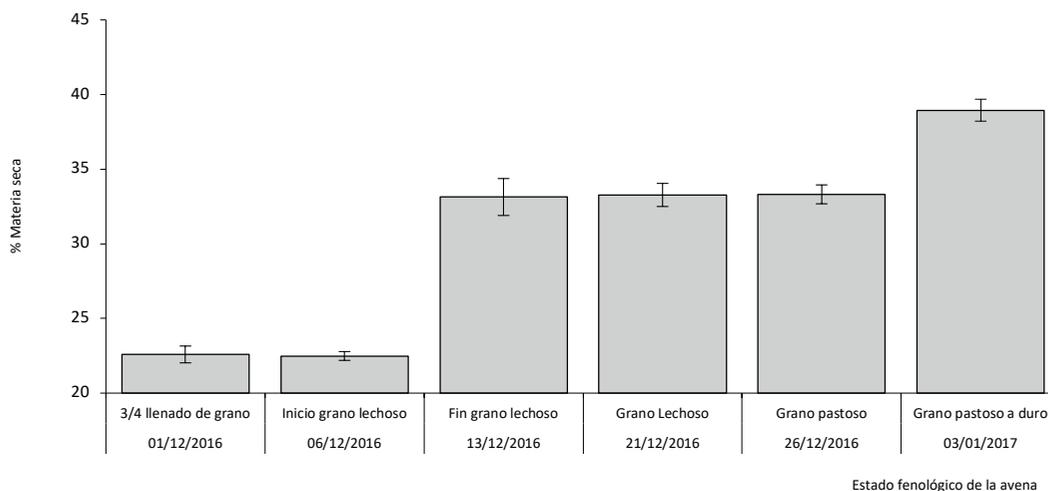
Respecto a otros nutrientes, la avena se fertiliza con una mezcla completa que se incorpora al surco de siembra y que incluye fósforo (100 kg P₂O₅/ha), potasio (59 kg K₂O/ha), magnesio (30 kg MgO/ha), azufre (30 kg S/ha) y pequeñas cantidades de boro y zinc. El nitrógeno se asperja post emergencia en forma fraccionada hasta completar una dosis no superior a 92 kg N/ha equivalente a 200 kg Urea/ha.

Regulador de crecimiento: La aplicación de reguladores de crecimiento sólo se realiza en aquellas avenas destinadas a la elaboración de ensilaje. Estos productos se aplican cuando las plantas poseen entre 1 y 3 nudos.

Algunas opciones de uso de reguladores de crecimiento en avenas destinadas a elaboración de ensilaje

Aplicación	Dosis por hectárea	Litros de agua
1 a 3 nudos (Z 32 - 33)	0,35 L Medax + 300 cc LI 700	150
1 a 3 nudos (Z 32 - 33)	2,5 L Cycocel + 300 cc LI 700	150
1 a 3 nudos (Z 32 - 33)	1,6 L Belcocel + 300 cc LI 700	150

Momento de corte: Para la elaboración de ensilaje o henilaje, la avena se cosecha cuando tiene entre 35 y 40% de materia seca, que coincide con el estado de grano pastoso. En esta condición de madurez, el proceso de conservación es efectivo ya que se produce una buena compactación y rápida producción de un ambiente anaeróbico en el silo. La cosecha realizada en estados más inmaduros requiere la elaboración de ensilaje premarchito. El corte, hilerado, colecta y transporte produce pérdidas de algunas de las estructuras de la panoja, incluyendo el grano en formación.



Efecto de la época de cosecha en el porcentaje de materia seca (%MS) y la producción anual de avena. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. 2016 - 2017.

Coefficiente de variación MS: 5,61%
 Coeficiente de variación producción anual: 6,43%

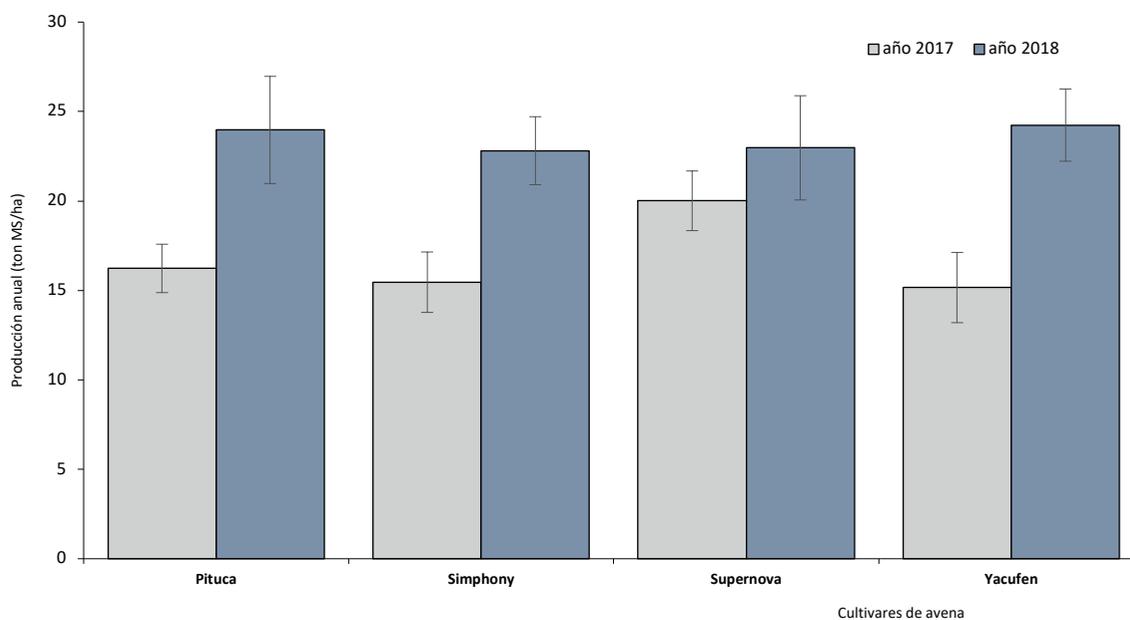
Mediciones que relacionan la producción y la calidad nutricional de la avena han demostrado que, en cosechas realizadas en estados inmaduros de las plantas, la producción es inferior y la calidad nutricional superior a cuando el corte se efectúa en estados avanzados de madurez (grano pastoso). Al igual que en otros cereales de grano pequeño, con el avance de la madurez se reduce el efecto negativo que produce el incremento de la fibra con la formación del grano, lo que conlleva a una mejor respuesta productiva de los animales (Dumont & Lanuza, 1990; Khorasani *et al.*, 1993; Khorasani & Kennelly, 1997; Edmisten *et al.*, 1998; Dumont *et al.*, 2005).

La producción y calidad de la avena destinada a la elaboración de forraje conservado está definida por diversos factores: el tipo de cultivar, el estado fenológico en el momento del corte, la nutrición de las plantas y las condiciones climáticas. Un buen indicador de la calidad nutricional de la avena es el estado fenológico. A partir de la formación de los granos, el contenido de nutrientes cambia en forma drástica: la proteína se reduce de 18 a 7%, el contenido de FDN (fibra detergente neutra) aumenta de un 35 a 48% y la digestibilidad se reduce de un 67 a 54%.

Porcentaje de materia seca y producción de cinco cultivares de *Avena sativa* L., en el secano de la zona templada. Estación Experimental Las Encinas, Universidad de La Frontera. Temuco, 2001.

Cultivar	Estado grano lechoso		Estado grano pastoso	
	MS (%)	Producción (ton MS/ha)	MS (%)	Producción (ton MS/ha)
Neptuno	38,2 a	15,1 a	45,6 a	12,7 b
Llaofen	40,2 a	14,0 b	45,2 a	14,0 a
Nehuen	42,0 a	16,1 a	47,7 a	14,8 a
Urano	39,3 a	15,3 a	47,1 a	14,5 a
Saturno	28,3 b	14,4 b	46,5 a	14,2 a
Promedio	37,6	15,0	46,4	14,0

Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes según Prueba de Tukey ($p > 0,05$)



Rendimiento anual de cuatro cultivares de avena. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. 2017 - 2018.

Coefficiente de variación: 8,32%

Los nuevos cultivares de avena han evolucionado hacia un tipo erecto, de baja altura y mayor índice de cosecha, elementos que han producido un aumento importante en el nivel productivo en las diferentes áreas de la región templada.

Ensilaje: El ensilaje de avena puede ser elaborado en estados tempranos de desarrollo de las plantas solo si es confeccionado bajo la modalidad de pre deshidratado o premarchito. El corte para ensilaje en estados previos a floración reduce el rendimiento y mejora el valor nutritivo del forraje (David *et al.*, 2012). El hacer ensilajes de avena en estados tempranos de madurez tiene la limitante de presentar un alto contenido de humedad, que debe ser reducido a través de la exposición del forraje al viento y sol en una época donde las condiciones climáticas son inestables. Bajo estas condiciones existe el riesgo de ensilar el forraje húmedo, lo que aumenta las posibilidades de que durante el ensilaje ocurran fermentaciones butíricas, se expulsen del silo efluentes y se reduzca el valor nutritivo (McDonald *et al.*, 1991).

Cuando se elabora ensilaje en forma directa no es una buena práctica cosechar el forraje con valores elevados de materia seca. Cuando el forraje posee más del 40% de materia seca, en el ensilaje se reduce la estabilidad aeróbica (Pahlow *et al.*, 2003) debido a la disminución de productos controladores de hongos como el ácido acético (Wilkinson & Davies, 2013). Este deterioro se produce, principalmente, en el momento de la apertura del silo, cuando la masa ensilada queda expuesta al aire. Una alternativa de reducción del deterioro es la aplicación en el momento de elaborar el ensilaje de un inoculante bacteriano heterofermentativo que contenga *Lactobacillus buchneri* (Kleinschmit & Kung, 2006), bacteria que hoy se incluye en diversos inoculantes biológicos comerciales.

Consumo: Mediciones realizadas con ensilajes de corte directo han demostrado que el bajo contenido de materia seca produce niveles de nitrógeno amoniacal elevados (> 18%) que limitan el consumo de materia seca y la ganancia de peso de los animales. Ensilajes elaborados con plantas de avena en estados de madurez avanzada presentan una disminución del contenido de ácido láctico, una reducción del proceso fermentativo y por tanto una disminución de su calidad (Hargreaves, 1994; Dumont *et al.*, 2005).

Parámetros de calidad de ensilaje en distintos momentos de corte de avena, consumo y ganancia de peso de vaquillas.

Ensilaje de avena	Panoja emergida	Grano pastoso
Materia seca (%)	15,8	29,4
Proteína (%)	9,5	7,7
pH	4,5	4,6
Nitrógeno amoniacal (%)	19,1	14,4
Consumo ensilaje (kg MS/cabeza/día)	2,3	3,0
Consumo total (kg MS/cabeza/día)	3,2	3,9
Ganancia de peso (kg PV/cabeza/día)	0,17	0,42

Fuente: Adaptado de Dumont, 1987.

Avena forrajera (*Avena strigosa* Schreber)

Especie nativa de Europa pertenece a la familia Poaceae, subfamilia Pooideae, tribu Aveneae, género *Avena*. Fue introducida a Chile en la década del 50 del siglo pasado donde se hizo popular entre los ganaderos, que apreciaron su rápido establecimiento y buen aporte de forraje en invierno.

Corresponde a una especie diploide con 14 cromosomas y de hojas finas, rápido crecimiento invernal y muy sensible a las bajas temperaturas. En el país se comercializa semilla corriente donde a veces es posible encontrar denominaciones locales de plantas con semilla de color oscuro (strigosa negra) o semillas de color ámbar (strigosa blanca). Esta especie es utilizada principalmente para pastoreo invernal.

Periodo de siembra: Para pastoreo invernal se establece en el periodo de enero a marzo con el objetivo de tener disponibilidad de forraje temprano en otoño.

Sistema de siembra: Al igual que *Avena sativa* L. el sistema de siembra para pastoreo invernal debe ser cero labranza con el objetivo de optar a tener un piso firme y apto para el pastoreo durante el periodo de otoño e invierno. La siembra se puede realizar en línea o al voleo y la elección de la forma depende de las condiciones particulares de cada potrero.

Dosis de semilla: La dosis está relacionada con el sistema de siembra. En siembra de verano para pastoreo invernal, la dosis debe ser entre 80 y 120 kg/ha.

Utilización: Por ser una especie particularmente sensible a las heladas y a pastoreos intensos, es necesario considerar el uso de cerco eléctrico móvil en franjas largas y angostas con el objetivo de evitar la destrucción excesiva de las plantas por pisoteo de los animales. El residuo no debe ser inferior a 7 centímetros evitando el consumo de las plantas en días con heladas.

Especial cuidado se debe tener en aquellos casos que esta avena es sembrada en suelos con alto contenido de nitrógeno, dado que la absorción de lujo que hace la planta puede generar intoxicaciones de nitritos y nitratos en los animales en pastoreo.

Rendimiento: El nivel de rendimiento de esta especie está directamente relacionado con el nivel de fertilidad del suelo, condiciones climáticas, manejo de pastoreo y fecha de siembra. Esta especie puede lograr una producción superior a 3 ton MS/ha en el periodo de invierno diferenciándose de otras especies de avena en la rápida capacidad de rebrote.

Siembras tardías reducen la posibilidad de utilización y realizan un tardío y bajo aporte de este recurso para el periodo de invierno. Habitualmente, las siembras posteriores al 30 de marzo permiten una a dos utilidades muy tardías que solo se verifican en el mes de julio y agosto.

Calidad bromatológica: Durante el periodo de invierno esta pastura puede alcanzar niveles de proteína superiores a 28%, FDN inferior a 35% y digestibilidad mayor a 70%.



Trigo

Triticum aestivum L.

Trigo (*Triticum aestivum* L.)

Los cereales de tipo templado: trigo (*Triticum*), cebada (*Hordeum*), avena (*Avena*), centeno (*Secale*) y el híbrido artificial triticales (*Triticosecale*), son de ciclo anual y han evolucionado en conjunto con la humanidad durante más de 11.000 años. Su desarrollo fue crítico para la sociedad moderna y se logró a través de la domesticación de los antepasados silvestres (Willcox & Stordeur, 2012; Stépanoff & Vigne, 2018).

Especies

Actualmente existen más de 30 especies de trigo, que se pueden clasificar según el número de cromosomas en diploides (14 cromosomas), tetraploides (28 cromosomas) y hexaploide (42 cromosomas). Solo tres especies son comercialmente importantes: *Triticum aestivum* L. (hexaploide) la de mayor importancia en el mundo y se la conoce como trigo panadero o harinero. La segunda en importancia mundial es *Triticum turgidum* cv. *durum* (tetraploide), que se caracteriza por presentar un alto contenido en gluten y es utilizada en la elaboración de pastas y galletas. La tercera especie es *Triticum compactum* (hexaploide) considerada una sub especie del *Triticum aestivum* L. y se destina a la producción de un trigo blando utilizado en pastelería (Stépanoff & Vigne, 2018).

Descripción Botánica

Especie monocotiledónea perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Pooideae, tribu Triticeae, género *Triticum*. Tiene un sistema radical fasciculado, constituido por un conjunto de raicillas de igual grosor. Sus raíces se concentran en los primeros 30 centímetros de profundidad, pero en condiciones de suelos profundos y mullidos alcanza hasta un metro. El tallo principal puede lograr una altura de 1,5 metros y su tamaño depende del cultivar y nivel de nutrición de las plantas. Las hojas están constituidas por una vaina hendida longitudinalmente que envuelve al tallo sobre los nudos y la lámina suele ser larga, angosta y en su base tiene las aurículas cortas y entrecruzadas ligeramente (Curtis *et al.*, 2002).

La floración ocurre una vez que la espiga está fuera de la vaina de la hoja superior, también denominada hoja bandera. Las flores se auto polinizan y proyectan sus estambres al exterior una vez terminada la antesis (periodo de floración). El llenado de grano (semilla) acontece desde la fecundación hasta la madurez fisiológica, momento en que las espigas toman color pardo. El fruto es una cariósipide de carácter indehisciente y contiene en su interior una sola semilla (Curtis *et al.*, 2002).

Utilización

Como forraje suplementario su principal forma de uso es como ensilaje. Sin embargo, desde su ingreso a Chile como cultivo de grano se sometió durante el invierno a pastoreo con el objetivo de reducir la competencia generada por las especies residentes o acompañantes (malezas) y estimular la producción de tallos que permitirían obtener una mayor cantidad de espigas por metro cuadrado y así tener la posibilidad de optar a un mejor rendimiento en grano.

Desde mediados de los años 70 del siglo pasado, con el desarrollo de la tecnología de fertilización, aplicación de herbicidas e incorporación de cultivares de alto potencial de rendimiento, esta práctica fue abolida y el doble propósito fue eliminado como práctica en los campos de cultivos de cereales. Fue así como el uso de trigo en alimentación animal se limitó al consumo del grano seco, obtenido en el descarte de la industria.

Con el desarrollo de sistemas intensivos de producción animal y el perfeccionamiento de las técnicas de ensilado, el uso de cereales ensilados como planta entera pasó a ser una alternativa debido a la facilidad de cosecha, interesante volumen y calidad del forraje almacenado. Durante los últimos cuarenta años se ha evaluado y utilizado el trigo para ensilaje, en especial en áreas donde no es factible el cultivo de maíz. Este ensilaje, al igual que el de todos los cereales de grano pequeño, es de fácil confección debido al buen contenido de carbohidratos y baja capacidad tampón. Desde el punto de vista nutricional presenta un adecuado nivel energético, elevado contenido de carbohidratos estructurales (fibra efectiva), bajo contenido de proteína e intermedio nivel de almidón.

Uso invernol

Los nuevos cultivares de trigo han permitido retomar la idea del uso invernol o doble propósito. Las evaluaciones realizadas en la Estación Experimental Maquehue, de la Universidad de La Frontera, han demostrado que es factible su uso invernol y que tiene sólo como limitante el alto costo de la semilla. El periodo de siembra se extiende entre los meses de enero y marzo. El establecimiento se hace en cero labranza o mínima labor, lo que permite tener en invierno un piso firme para pastoreo.

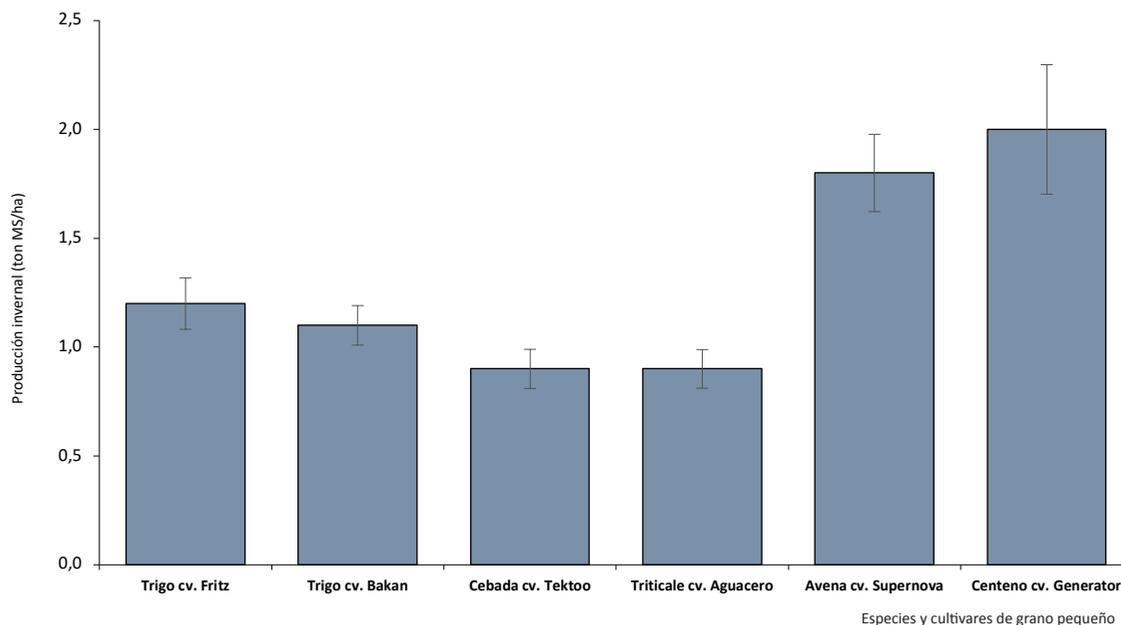
Los cultivares utilizados en siembras de uso invernol son de hábito de desarrollo alternativo y son de estructura semi erecta. Presentan crecimiento en invierno a diferencia de los de tipo invernol que su follaje se desarrolla en primavera a partir del aumento de las horas de luz diaria (fotoperiodo). La dosis de semilla en siembras en línea o al voleo es entre 200 y 240 kg/ha (400 a 480 semillas/m²). La dosis se corrige de acuerdo con el peso, que cambia según el cultivar y la calidad de la semilla.

El uso de la pastura en invierno se hace cuando las plantas presentan entre dos y cuatro hojas expandidas (lígula visible). Los cultivares presentes en el mercado no se han seleccionado para el pastoreo y son sensibles al pisoteo extremo, lo que limita su utilización a través de un pastoreo controlado (cerco eléctrico) de baja presión.

Mediciones realizadas en la zona templada han demostrado que algunos cultivares de trigo pueden alcanzar una producción de forraje invernal similar, e incluso superior, a otros cereales de grano pequeño con un alto valor nutritivo.

Principales cultivares de trigo utilizados en pastoreo de invierno

Cultivar	Hábito de desarrollo	Hábito de crecimiento	Dosis de semilla (kg/ha)
Fritz Baer	Alternativo precoz	Semi erecto	240
Bakan Baer	Alternativo	Semi erecto	200



Producción invernal de especies y cultivares de cereales de grano pequeño. Periodo marzo – septiembre. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco, 2018.

Coefficiente de variación: 9,78%

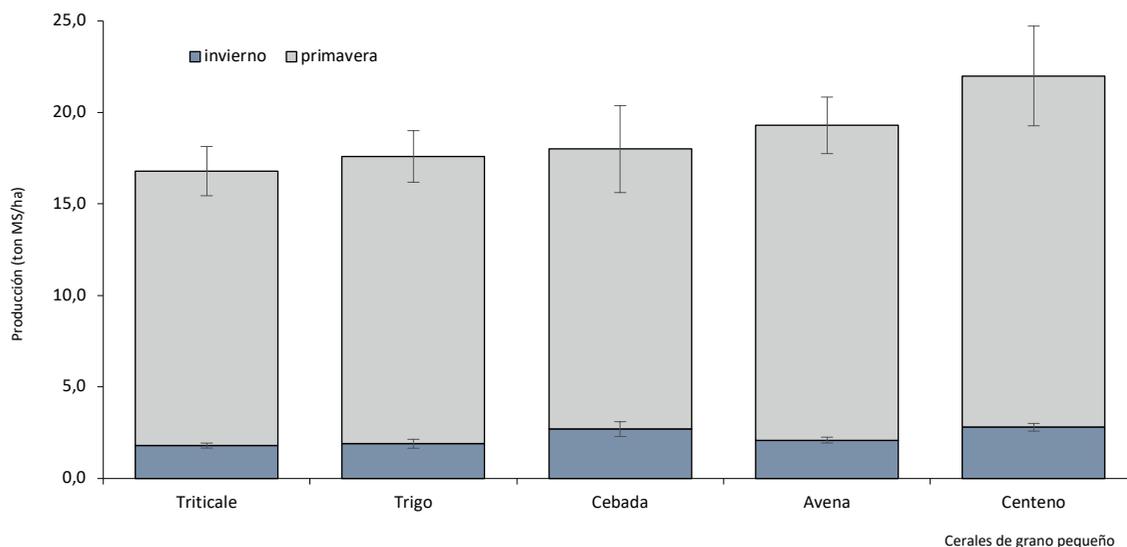
Contenido de nutrientes de dos cultivares de trigo (*Triticum aestivum* L.), evaluados al estado de cuatro hojas expandidas. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2018.

Componente	Unidad	Bakan	Fritz
Materia seca	%	12,9	13,1
Humedad	%	87,1	86,9
Proteína cruda	% MS	27,2	26,9
Proteína soluble	% PC	32,4	31,5
Proteína ligada FDA	% PC	3,1	3,1
Proteína ligada FDN	% PC	13,9	13,7
Proteína degradable ruminal	% PC	66,3	65,8
FDA	% MS	22,9	22,5
FDN	% MS	40,2	41,1
Lignina	% FDN	5,6	5,8
Digestibilidad FDN (30 horas)	% FDN	79,5	78,4
Almidón	% MS	1,8	2,1
Nutrientes digestibles totales (NDT)	% MS	69,2	68,7

Uso doble propósito

El uso invernal (pastoreo) y posteriormente en primavera para ensilaje (doble propósito) es una alternativa de riesgo ya que cuando se producen condiciones climáticas adversas en invierno acompañadas de sobre pastoreo, se puede reducir la población de tallos y el rendimiento de grano o forraje conservado (ensilaje, henilaje o heno).

Las mediciones realizadas en la Universidad de La Frontera han considerado el uso invernal y la producción de forraje para ensilaje, demostrando que bajo este esquema productivo el trigo logra un rendimiento anual de 17 ton MS/ha, de las que el 11% es producción invernal y el 89% de ensilaje.



Producción de invierno y primavera de cinco especies de cereales de grano pequeño destinadas a pastoreo y producción de ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2019.

Coefficiente de variación producción invernal: 7,56%
Coefficiente de variación producción primaveral: 8,98%

Uso en conservación de forraje

El principal objetivo que tiene el trigo como cultivo suplementario en la zona templada es la elaboración de ensilaje. El volumen y calidad que produce permite su inclusión en la dieta de vacas lecheras y ganado de carne.

El ensilaje de planta entera de cereales de grano pequeño se puede utilizar de forma tan eficiente como el ensilaje de maíz en dietas para ganado de carne y leche. Los resultados obtenidos en estudios realizados en Europa, Estados Unidos y Chile han demostrado que la inclusión de ensilaje de trigo en raciones para bovinos de engorde y vacas lecheras logra un 80% del nivel de respuesta animal respecto al uso de ensilaje de maíz, sólo si el trigo tiene una alta proporción de grano en el ensilaje (Staples *et al.*, 1984; Ariel & Adine, 1994; Harper *et al.*, 2017).

Asociación con leguminosas: La siembra de trigo destinada a la elaboración de ensilaje se puede mezclar con leguminosas de crecimiento erecto, como es el *Trifolium pratense* L., con el objetivo de aprovechar en una labor el establecimiento de la leguminosa, cuya longevidad será de tres años. En el corte para ensilaje el trébol no produce un aporte importante a la mezcla (< 10%) y limita las aplicaciones de nitrógeno y el control químico de especies residentes, lo que se traduce en una reducción del rendimiento anual.

Otras mezclas se hacen con leguminosas anuales como arveja y vicia, en las que el crecimiento trepador puede obstaculizar el desarrollo del trigo hasta el punto que al momento del corte para ensilaje se presenta un dominio total de la leguminosa, que en la mayoría de los casos resulta en tendadura y, consecuentemente, dificultad de cosecha.

Cultivares: En el comercio mundial existe una gran oferta de cultivares de trigo, con hábitos de desarrollo invernal, alternativo y primaveral. La mejor opción para la conservación de forraje, son los cultivares alternativos; sin embargo, todas las opciones son factibles de utilizar y la diferencia está en el tiempo prolongado del uso del suelo (hábito invernal) y el menor potencial de crecimiento (hábito primaveral).

Fecha de siembra: El establecimiento se extiende desde la primera quincena de junio hasta la última de agosto y el sistema de siembra puede ser desde cero labranza a siembra convencional con movimiento de suelo. La distancia entre hilera se define de acuerdo a la disponibilidad de maquinaria, pero es preferible el uso de sembradoras con distancia entre hilera de 12 cm, que permiten una mejor distribución de las semillas y una rápida cobertura del suelo.

Principales cultivares destinados a la producción de ensilaje.

Cultivar	Hábito de desarrollo	Hábito de crecimiento
Fritz Baer	Alternativo precoz	Semi erecto
Bakan Baer	Alternativo	Semi erecto
Quintus	Alternativo	Semi erecto

Dosis de semilla: Se utilizan 400 semillas/m² cuya equivalencia en kilos cambia según el cultivar. En el caso del cultivar Fritz Baer la dosis es 200 kg de semilla/ha, en el cultivar Bakan Baer 240 kg/ha y en Quintus es de 180 kg/ha. Para proteger a la semilla en los primeros estados de desarrollo es adecuado el uso de fungicidas que se aplican en forma directa a la semilla previo a la siembra.

Además, en áreas donde existen problemas de insectos del suelo, se debe prevenir su efecto, aplicando a la semilla Imidacloprid (Gaucho 600 FS, Punto 600 FS o Couraze 600 FS) en dosis de 60 a 100 cc/100 kg de semilla.

Opciones de fungicidas aplicados a la semilla de trigo

Producto	Tipo	Dosis
Indar Flo 30 FS	Sistémico	200 cc/100 kg semilla
Real Top FS	Selectivo	40 cc/100 kg semilla
Scenic FS	Sistémico	30 cc/100 kg semilla
Vibrance Integral FS	Fungicida e Insecticida (sistémico)	200 cc/100 kg semilla

Fertilización: La corrección de los parámetros químicos del suelo y fertilización, se deben realizar según el resultado del análisis químico del suelo. Pre siembra se aplican las enmiendas calcáreas y los nutrientes necesarios como son el fósforo, magnesio, potasio, azufre, boro y zinc son aplicados en el establecimiento a través de la máquina sembradora próximo al surco de ubicación de la semilla.

El nitrógeno se aplica post siembra, y es posible utilizar dosis superiores a 250 kg/ha que se aplican en tres etapas del cultivo: post emergencia, plena macolla y previo a la floración. Esta dosis implica la aplicación previa a la siembra de una enmienda de corrección equivalente a 4 kg de carbonato de calcio/kg de nitrógeno (1 ton Cal/ha).

Reguladores de crecimiento: Las altas dosis de nitrógeno suponen el uso de reguladores del crecimiento como Cloruro de cloromequat + Cloruro de colina (Belcofel), Cloruro de Mepiquat (Medax top), o Trinexapac-etilo (Moddus), entre otros. Estos productos se aplican en dosis y parcialidades (1 a 3) según el desarrollo del cultivo.

Control de malezas: Las especies acompañantes (malezas) obstaculizan el desarrollo de las plantas de trigo produciendo una reducción de hasta un 40% en el rendimiento final para ensilaje y una modificación de los parámetros de calidad. Para evitar esta disminución de rendimiento y calidad es apropiado realizar controles de malezas en pre y post emergencia de las plantas y que, en el caso de elaboración de ensilaje, el principal objetivo será el control de especies de hoja ancha.

El control de malezas se inicia con la aplicación de adecuados y oportunos barbechos químicos aplicados con antelación a la preparación del suelo y siembra. Posterior al establecimiento existe la opción de aplicar herbicidas de pre emergencia donde hay una amplia gama de productos enfocados, principalmente, al control de malezas gramíneas, que en el caso de los cereales para ensilaje no se justifica su utilización.

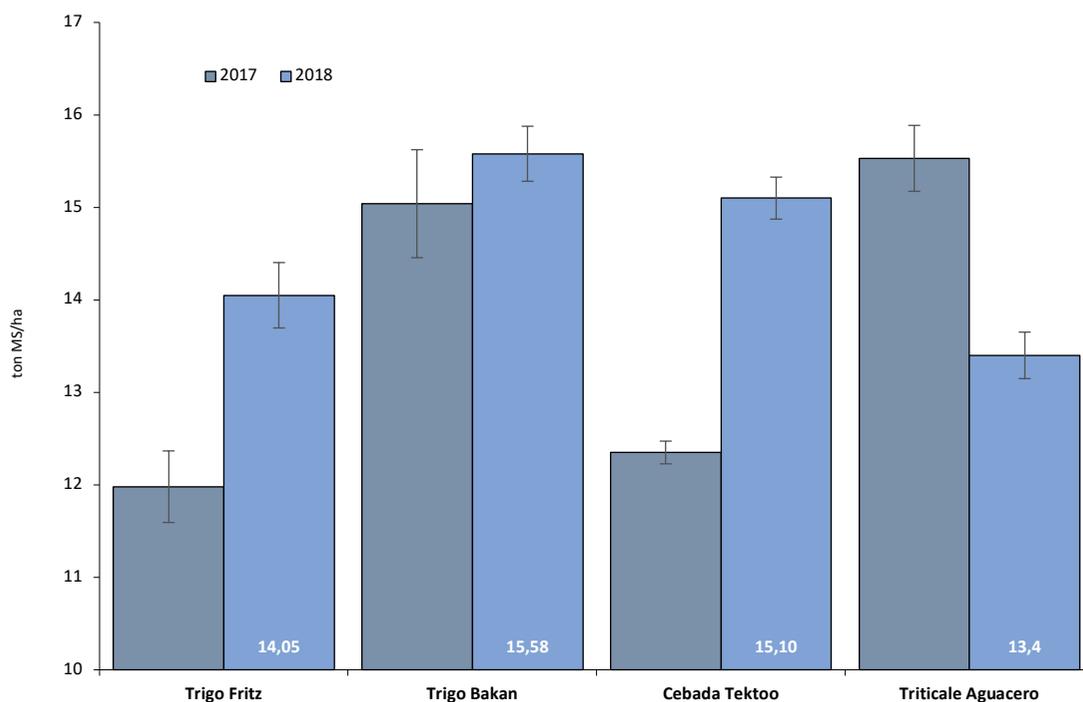
En el cultivo de trigo para ensilaje, solo se justifica la aplicación de pre emergencia de un herbicida de acción residual, Diuron 50% SC en dosis de 2 L/ha, producto que tiene un buen control de especies de hoja ancha. En el mercado, este producto se comercializa con los nombres de Diurex 50% SC, Dazzler 50% SC y Karmex 50% SC.

Según evoluciona el cultivo existe la opción de realizar controles de post emergencia de malezas de hoja ancha no controladas con las labores previas. A partir de dos hojas expandidas, existen diversas opciones de control químico que pueden ser aplicadas solas o en mezcla según sea el tipo y densidad de especies presentes en la cementsera. Todos los productos deben ser aplicados con un coadyuvante como LI 700 EC en dosis de 100 cc/ha. Adicionalmente, se puede aplicar a esta mezcla una dosis baja de un insecticida de amplio espectro como es Engeo 247 ZC (50 cc/ha) o Clorpirifos 48% CE (300 cc/ha).

Opciones de control químico de malezas de post emergente en trigo para ensilaje*

Aplicación	Producto	Dosis/ha
Individual	MCPA 750 SL	1 L
Individual	2,4 480 SL	1,5 L
Individual	DMA 6 SL	0,8 L
Individual	Tordon 24 K SL	125 cc
Individual	Tordon 101 SL	300 cc
Individual	Lontrel 3A SL	300 cc
Individual	Arrat WG	150 g
Individual	Caimán 70 WG	150 g
Mezcla I	Preside 80 WG	25 g
	Venceweed Extra EC	1 L
Mezcla II	MCPA 750 SL	0,5 L
	Arrat WG	150 g
Mezcla III	MCPA 750 SL	1 L
	Tordon 24 K SL	100 cc
	Lontrel 3A SL	300 cc
Mezcla IV	MCPA 750 SL	1 L
	Caimán 70 WG	150 g
	Lontrel 3A SL	300 cc

(*): Todas las opciones se aplican en 100 a 150 litros de agua/ha.



Rendimiento de cereales de grano pequeño destinado a elaboración de ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporadas 2017 y 2018.

Coefficiente de variación año 2017: 10,88%
 Coeficiente variación año 2018: 8,34%

Producción

Mediciones realizadas en la zona templada en condiciones de secano han demostrado que el trigo puede alcanzar un rendimiento entre 14 y 22 ton MS/ha.

Ensilaje

El uso de ensilaje de planta completa de cereales de grano pequeño es una práctica difundida en todo el mundo, en especial, en Europa, Norteamérica y China (Huyghe *et al.*, 2014; Liua *et al.*, 2019). Entre estos cereales se ubica el trigo que es considerado un alimento que aporta fibra efectiva y un adecuado contenido de proteína y energía

Esta especie puede ser ensilada bajo las modalidades de corte directo o premarchito. El ensilaje de corte directo se realiza cuando el grano se encuentra pastoso. Estados de mayor madurez (>35%) son difíciles de ensilar debido a que es casi imposible compactar la masa ensilada. Esto produce un ambiente propenso para el desarrollo de hongos en el interior del ensilaje. En ensilaje premarchito el corte se puede efectuar en estados de menor madurez, lo que supone un menor rendimiento de materia seca pero una mayor digestibilidad del producto ensilado.

El estado fenológico de las plantas en el momento del corte y almacenaje define el valor nutritivo del ensilaje de trigo. Chen & Weinberg (2009) mencionan que los ensilajes de trigo elaborados con las plantas en estado de floración y grano pastoso son de mayor estabilidad y calidad respecto a los elaborados en estados maduros. Los ensilajes hechos con plantas en estados avanzados de madurez (grano harinoso) son difíciles de compactar e inestables bajo condiciones aeróbicas.

Composición nutricional de ensilajes de trigo, maíz y pradera.

Componente	Unidad	Trigo	Maíz	Pradera
Materia seca	%	40 - 60	28 - 38	18 - 32
Energía metabolizable	Mcal/kg	2,2 - 2,5	2,5 - 2,8	2,2 - 2,8
Proteína cruda	%	9 - 12	7 - 10	12 - 18
Almidón	%	10 - 20	28 - 38	0
FDN	%	50 - 55	35 - 55	44 - 55
pH	%	4,0 - 5,3	3,5 - 4,2	3,7 - 4,5
N-NH ₃	%	3 - 7	4 - 7	4 - 15





Triticale

x Triticosecale Wittmack

Triticale (*x Triticosecale Wittmack*)

El triticale, es el primer cereal creado por el hombre producto del cruzamiento artificial entre trigo y centeno. Las características de este cereal son intermedias entre sus progenitores, tomando del trigo su elevada producción e índice de cosecha y el gran número de granos por espiga, y del centeno, su rendimiento estable, rusticidad, gran cantidad de biomasa, resistencia al frío y sequía, adaptación a suelos ácidos, mayor contenido en lisina del grano y resistencia a enfermedades.

Origen

Producto del cruzamiento artificial entre trigo (*Triticum* spp.) y centeno (*Secale cereale* L.), fue el primer cereal obtenido mediante cruzamiento por el hombre. El primer híbrido fue infértil y se produjo en Escocia en el año 1875 (Stace, 1987). En Hungría, en 1968 se obtuvo el primer híbrido comercial que hizo de Europa el continente pionero en el desarrollo de este cultivo (Blum, 2014).

Descripción botánica

Es una especie de la familia Poaceae, subfamilia Pooideae, tribu Triticeae y género *Triticosecale*. La planta es de crecimiento erecto y los cultivares de hábito de desarrollo invernal tienen una alta densidad de macollos. Su color verde azulado resulta de la cristalización de la cera epicuticular, cuya máxima expresión se produce antes del espigado.

Cultivo del triticale

Cultivares: Los cultivares desarrollados en las últimas décadas producen mayor cantidad de biomasa y rendimiento de grano que el trigo (Mergoum & Macpherson, 2004) y su producción es comparable con la del centeno (Kavanagh & Hall, 2015). Los cultivares disponibles en el mercado nacional que pueden ser utilizados con objetivo forrajero son del tipo invernal, alternativo y primaveral. Cuatro son las alternativas, todas ellas de crecimiento erecto.

Principales cultivares de triticale comercializados en el país.

Cultivar	Hábito de desarrollo	Hábito de crecimiento	Obtentor
SU Agendus	Invernal	Erecto	Saaten Union
Faraón	Invernal	Erecto	INIA
Torete	Alternativo	Erecto	Semillas Baer
Aguacero	Primaveral	Erecto	INIA

Utilización: En el mundo, el principal destino es la producción de grano y el 72% se obtienen entre Polonia, Alemania, Bielorrusia y Francia. Las plantas tienen la capacidad de producir un sistema radical fuerte y profuso, que le permite un buen anclaje en el suelo. Además, adquiere fácilmente y hace un uso eficiente del nitrógeno del suelo, siendo un cultivo óptimo para siembras posteriores a otros cultivos que dejan nitrógeno residual en el suelo. Se puede incluir como cultivo intermedio (catch crop) entre siembras de maíz con el objetivo de reducir la lixiviación de nitrógeno y controlar parte de las especies residentes o acompañantes (Mergoum *et al.*, 2009; Ketterings *et al.*, 2015).

En producción animal se utiliza principalmente como grano. Se incluye en las raciones de vacas lecheras y ganado de engorde, sustituyendo a los granos de maíz, avena y cebada. Como forraje se destina a pastoreo invernal, elaboración de ensilaje y doble propósito.

Uso invernal

La obtención de una mayor producción temprana se logra con siembras realizadas entre los meses de enero y marzo. A diferencia de la avena y trigo, las tasas de crecimiento iniciales son bajas, lo que implica que el retraso en la fecha de siembra reduce las posibilidades de uso en invierno.

Dosis de semilla: Se utilizan 240 kg/ha, equivalente a 480 semillas/m², que permite lograr una alta densidad y cobertura del suelo, producto del efecto sinérgico creado por la competencia homotípica.

Cultivares: Los cultivares de triticale no han sido seleccionados para el pastoreo, sólo se han seleccionado por su habilidad para la producción de grano y tolerancia a enfermedades. Existe una selección natural de los cultivares para pastoreo, teniendo en cuenta que hay pocas opciones que soporten el consumo animal en invierno.

Para uso invernal se utilizan los cultivares con hábito de crecimiento primaveral que, además, pueden ser manejados con doble propósito, es decir, pastoreo invernal y producción de ensilaje o grano en primavera. Una alternativa es el cultivar Aguacero - INIA, que ha demostrado tener una cierta tolerancia a las condiciones habituales de estrés invernal como son las heladas, algunas inundaciones eventuales y sobrepastoreo. La arquitectura de las plantas permite lograr en menos de 25 días una excelente cobertura, asegurando así una firme competencia con las malezas.

Para incrementar la producción de invierno y reducir el periodo entre la siembra y la primera utilización en pastoreo, es factible sembrar este cereal asociado a centeno o avena. La dosis de semilla, en mezcla con otros cereales, se reduce a 140 kg/ha, adicionando 120 kg de centeno/ha ó 100 kg de avena/ha.



Cobertura alcanzada por el Triticale cv. Aguacero en menos de 30 días post siembra

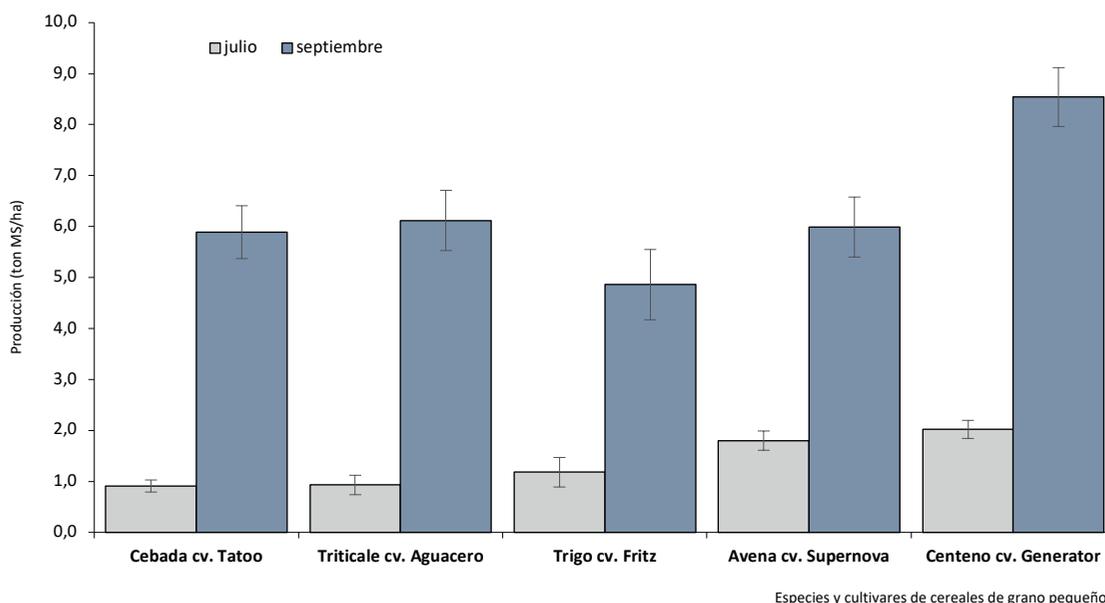


Etapa inicial de la mezcla Triticale cv Aguacero + Centeno cv. Generator



Pastoreo: Para lograr una alta eficiencia de utilización de este cereal en pastoreo, es necesario utilizar cerco eléctrico móvil en franjas largas y angostas con el objetivo de evitar la destrucción excesiva de las plantas por pisoteo de los animales. El residuo no debe ser inferior a siete centímetros y se debe evitar el consumo de las plantas en días con heladas.

Producción invernall: Mediciones realizadas en la localidad de Osorno en siembras de marzo, demostraron que la acumulación de materia seca hasta el mes de julio fue de 0,86 ton MS/ha y hasta el mes de agosto 5,0 ton MS/ha (Teuber, 2000). Estos resultados son similares a los obtenidos en Temuco con el cultivar Aguacero, que sembrado en el mes de marzo alcanzó una producción acumulada hasta julio de 0,98 ton MS/ha y hasta septiembre de 6,1 ton MS/ha.



Acumulación de materia seca en el periodo invernall de cereales de grano pequeño (ton MS/ha). Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada, 2017.

Coefficiente de variación mes de julio: 10,11%
 Coeficiente de variación mes de septiembre: 9,44%

Calidad nutricional: En invierno las plantas de triticale presentan un alto contenido de agua, lo que limita el consumo de materia seca y nutrientes de los animales en pastoreo. Esto obliga a la inclusión en las dietas de forrajes fibrosos como pajas, henos o ensilajes elaborados en estados avanzados de madurez para cumplir con los requerimientos nutricionales.

Contenido de nutrientes de Triticale cv. Aguacero medido en dos estados de desarrollo en el periodo invernall. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2018.

Componente	Unidad	2 a 4 hojas	4 a 6 hojas
Materia seca	%	11,9	14,2
Humedad	%	87,1	86,9
Proteína cruda	% MS	32,5	30,2
Proteína soluble	% PC	35,8	36,2
Proteína ligada FDA	% PC	3,3	3,4
Proteína ligada FDN	% PC	14,5	14,8
Proteína degradable ruminal	% PC	70,2	69,2
FDA	% MS	21,8	22,6
FDN	% MS	38,9	40,5
Lignina	% FDN	5,5	5,7
Digestibilidad FDN (30 horas)	% FDN	80,2	79,4
Almidón	% MS	1,9	2,2
Total nutrientes digestibles (NDT)	% MS	70,1	69,4

Uso en doble propósito

Considerando el potencial productivo y la aptitud de producción de forraje de esta especie (Camide *et al.*, 1988; López, 1991) existen estudios que mencionan la utilidad del doble propósito considerando el corte o pastoreo en las primeras etapas de crecimiento y la cosecha de grano o corte para ensilaje (Andrews *et al.*, 1991; Royo *et al.*, 1993). Si bien esta opción se utiliza de forma esporádica en algunos sectores de la zona templada, no es una práctica frecuente debido al desconocimiento que se tiene del comportamiento de los cultivares en condiciones de pastoreo.

Mediciones realizadas en la localidad de Osorno demostraron que el uso invernal tiene un efecto negativo en la producción de ensilaje cuando no se respetan las normas de manejo de pastoreo (Teuber, 2000). Además, en la localidad de Temuco, en condiciones de secano se demostró que las especies de cereal de grano pequeño que más reducen su producción de primavera después de haber sido utilizadas en pastoreo invernal son el triticale y el trigo.

Uso en conservación de forraje

El uso de ensilaje de triticale en los sistemas de producción animal de la zona templada tiene por objetivo aportar a los animales un alimento voluminoso, de calidad energética y con alto aporte de fibra efectiva. Este forraje, además de alimentar al ganado, permite eliminar el uso de pajas de cereales en la ración.

Periodo de siembra: El establecimiento de cultivares de hábito de crecimiento invernal se hace entre los meses de marzo a abril, los de hábito alternativos entre los meses de mayo a junio y los de primavera entre junio y agosto. El retraso de la época de siembra produce siempre una reducción de la producción y un aumento del riesgo de daño por heladas en el periodo de floración.

Sistema de siembra: En todas las alternativas, la siembra se puede hacer de forma convencional, mínima labor o cero labranza. Para tener una mejor distribución espacial de las plantas y una mayor cobertura, la distancia entre hilera se ha reducido de 17,5 a 12 cm.

Cultivares: Para elaboración de ensilaje se pueden utilizar todas las opciones: invernales, alternativos y primaverales y, lo único que se debe respetar, es la época de siembra para alcanzar la máxima expresión del rendimiento de este cultivo. Hay cultivares de alta producción que han perdido su tolerancia al ataque de hongos foliares. Bajo esta condición es necesario considerar la aplicación preventiva de fungicidas para evitar la reducción en el rendimiento final. Algunas opciones son Orkestra Ultra (1,25 Litros/ha) y Juwel Top (1 Litro/ha) que se aplican junto a un insecticida para el control de áfidos (80 cc Engeo 247 SC/ha).



Presencia de hongos foliares en triticale destinado a la cosecha para ensilaje.

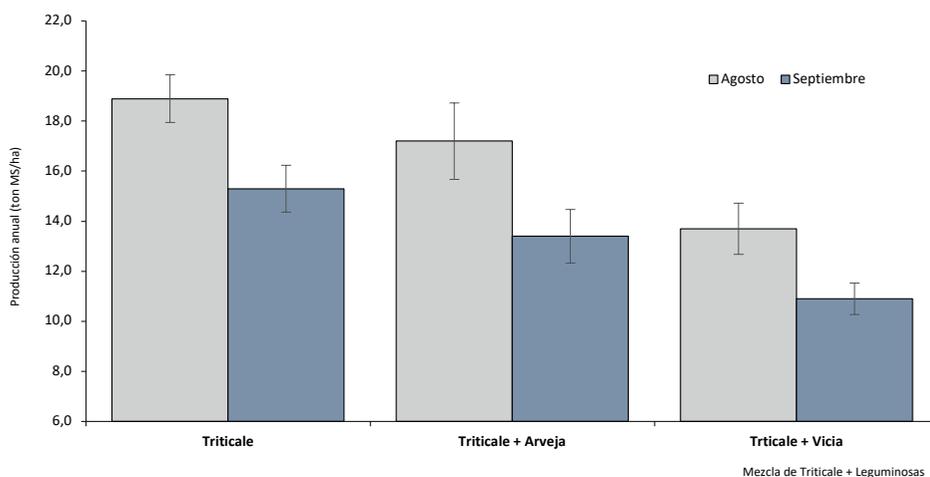
Dosis de semilla: El tamaño de la semilla y la fecha de siembra definen la dosis de establecimiento. En cultivares de hábito de crecimiento invernal, la dosis es 400 semillas/m² (200 kg semilla/ha) y en los de hábito de crecimiento alternativo y primaveral 480 semillas/m² equivalentes a 240 kg semilla/ha. Para proteger a las plántulas, en los primeros estados de ataques de insectos y hongos, se aplica un fungicida a la semilla en conjunto con un insecticida. El insecticida que ofrece una buena protección contra los insectos plagas del suelo es el Imidacloprid (Gaucho 600 FS, Punto 600 FS o Couraze 600 FS), los cuales se aplican en dosis de 60 a 100 cc/100 kg de semilla.

Opciones de fungicidas aplicados a la semilla de triticale.

Producto	Tipo	Dosis
Indar Flo 30 FS	Sistémico	200 cc/100 kg semilla
Real Top FS	Selectivo	40 cc/100 kg semilla
Scenic FS	Sistémico	30 cc/100 kg semilla
Vibrance Integral FS	Fungicida e Insecticida (sistémico)	200 cc/100 kg semilla

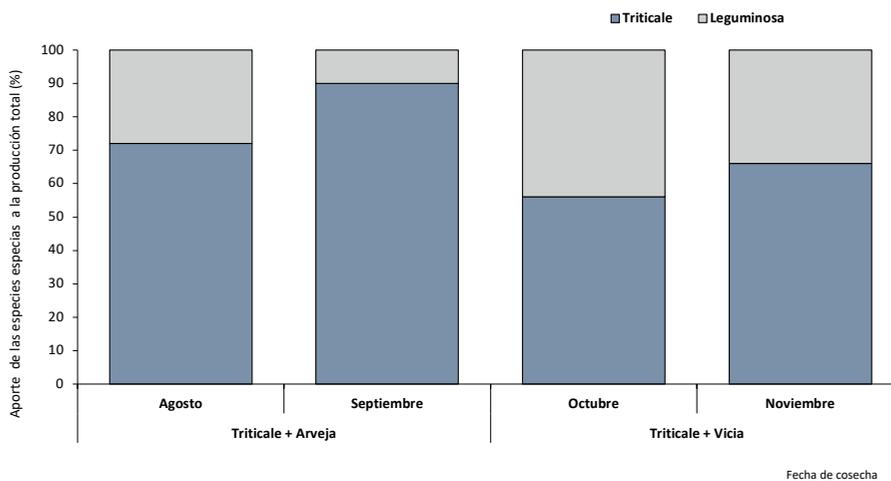
Asociación: La mezcla de triticale con leguminosas trepadoras como vicia y arveja mejora el contenido de proteína respecto a la del triticale solo. Mediciones realizadas en la zona templada, demostraron que los cultivares disponibles en el mercado no tienen coincidencias en la altura y en el estado fenológico de los componentes de las mezclas, lo que produce tendadura y sobre maduración de una de las especies que conforman la asociación.

En una investigación realizada durante dos temporadas en la localidad de Temuco, se pudo observar que en dos fechas de siembra la asociación triticale + arveja y triticale + vicia, presentaron una producción inferior a la alcanzada por el triticale sembrado solo. Esto se debe a la fuerte competencia heterotípica que se produce entre el triticale y la leguminosa, que no permite la expresión en altura y madurez del cereal. Este efecto fue evidente en la siembra tardía de septiembre, donde ambas leguminosas presentaron un aporte superior al 35% de la producción total.



Efecto de la época de siembra en la producción de triticale, triticale + arveja y triticale + vicia. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Promedio de años 2017 y 2018.

Coefficiente de variación agosto: 7,03%
 Coeficiente de variación septiembre: 6,65%



Efecto de la fecha de siembra en el aporte porcentual de las especies a la producción total de triticale + arveja y triticale + vicia. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Promedio de los años 2017 y 2018.

La siembra de triticale asociada a pasturas perennes y de rotación es una alternativa que se utiliza para reducir los costos del establecimiento y adelantar el uso de las pasturas después de la cosecha del triticale para ensilaje. Este sistema no siempre tiene éxito y el resultado depende de la densidad de siembra del cereal. Con clima favorable y buen nivel de fertilidad del suelo, el triticale presenta un gran crecimiento y eso reduce el desarrollo de la pastura. La baja cobertura de la pastura que queda después de la cosecha del triticale, obliga al uso de pastoreos intensos en el periodo siguiente de otoño y primavera, cuyo objetivo es promover el rápido desarrollo de nuevos tallos de las especies componentes.

Mediciones realizadas en la localidad de Futrono demostraron que la siembra de triticale asociada a ballica perenne, establecidas en dosis de 160 semillas de triticale/m² y 600 semillas de ballica /m², produjeron 10,4 ton MS/ha en el corte de ensilaje, con un 4% de aporte de ballica y un 96% de triticale. La cobertura de la pastura medida dos meses después de la cosecha de ensilaje fue inferior a 55% ya que los espacios libres fueron ocupados por especies residentes.

Control de malezas: Las especies no deseadas obstaculizan la producción de materia seca de calidad del cultivo de triticale. El control de las malezas se inicia con el barbecho químico seguido de un control de pre emergencia.

Inmediatamente después de la siembra, se aplican los herbicidas pre emergentes de acción residual que tienen un buen control de especies de hoja ancha. Una alternativa es la aplicación de Diuron 50% SC en dosis de 2 L/ha, producto que en el mercado es comercializado con los nombres de Diurex 50% SC, Dazzler 50% SC y Karmex 50% SC.

En sitios con alta carga de malezas de hoja ancha, es posible reforzar el control con herbicidas de post emergencia cuando el cultivo presenta dos hojas expandidas en adelante. Existen diversas opciones de control químico de malezas que pueden ser aplicados solos o en mezcla según sea el tipo y densidad de especies presentes en la cementsera. Todos los productos deben ser aplicados con un coadyuvante como LI 700 EC en dosis de 100 cc/ha. Adicionalmente, se puede aplicar a esta mezcla una dosis baja de un insecticida de amplio espectro como es Engeo 247 ZC (50 cc/ha) o Clorpirifos 48% CE (300 cc/ha).

Opciones de control químico de malezas de post emergente en triticale para ensilaje*

Aplicación	Producto	Dosis/ha
Individual	MCPA 750 SL	1 L
Individual	2,4 480 SL	1,5 L
Individual	DMA 6 SL	0,8 L
Individual	Tordon 24 K SL	125 cc
Individual	Tordon 101 SL	300 cc
Individual	Lontrel 3A SL	300 cc
Individual	Arrat WG	150 g
Individual	Caimán 70 WG	150 g
Mezcla I	Preside 80 WG	25 g
	Venceweed Extra EC	1 L
Mezcla II	MCPA 750 SL	0,5 L
	Arrat WG	150 g
Mezcla III	MCPA 750 SL	1 L
	Tordon 24 K SL	100 cc
	Lontrel 3A SL	300 cc
Mezcla IV	MCPA 750 SL	1 L
	Caimán 70 WG	150 g
	Lontrel 3A SL	300 cc

(*): Todas las opciones se aplican en 100 a 150 litros de agua/ha.

Fertilización: Para definir el programa de fertilización es necesario la extracción y envío de muestras de suelo a los laboratorios acreditados para contar con los datos de la composición química del suelo. La corrección de la acidez y la neutralización de los fertilizantes amoniacales se aplican previo a la siembra en dosis ajustada de acuerdo con el pH del suelo y kilos de nitrógeno utilizados en la fertilización.

Para alcanzar un rendimiento superior a 15 ton MS/ha es necesario ajustar las dosis de nitrógeno según el tipo y nivel de fertilidad del suelo. En la zona templada, los requerimientos habituales son entre 200 y 250 kg N/ha que son aplicados en dosis repartidas (de 2 a 3 aplicaciones) que, como se mencionó anteriormente, tienen como condición la aplicación de enmiendas de neutralización, necesarias para la mantención de un sistema equilibrado en el suelo (4 kg cal/kilo de nitrógeno amoniacal).

Reguladores de crecimiento: Con el uso de altas dosis de nitrógeno es necesaria la aplicación de reguladores de crecimiento para evitar la tendedura. Algunas alternativas son cloruro de cloromequat + cloruro de colina (belcofel), cloruro de mepiquat (medax top), trinexapac-etilo (moddus), entre otros, que se aplican en dosis repartidas (de 1 a 3 aplicaciones) según el desarrollo del cultivo.

Época de cosecha: El momento de la cosecha (corte) se define según la forma de conservación (ensilaje, henilaje o heno), estado fenológico de las plantas y calidad esperada del forraje. Los cortes realizados en etapas tempranas (inmaduro) con la materia seca inferior al 25%, se hacen en forma de pre deshidratado o premarchito, con lo que se obtiene un forraje de buena digestibilidad y adecuado contenido energético y proteico, pero bajo rendimiento. En estados avanzados de madurez, el ensilaje se puede realizar en forma de corte directo, pero cuando el porcentaje de materia seca es mayor al 25%, la fibra aumenta sobre el 45% y la proteína es inferior a 10%.

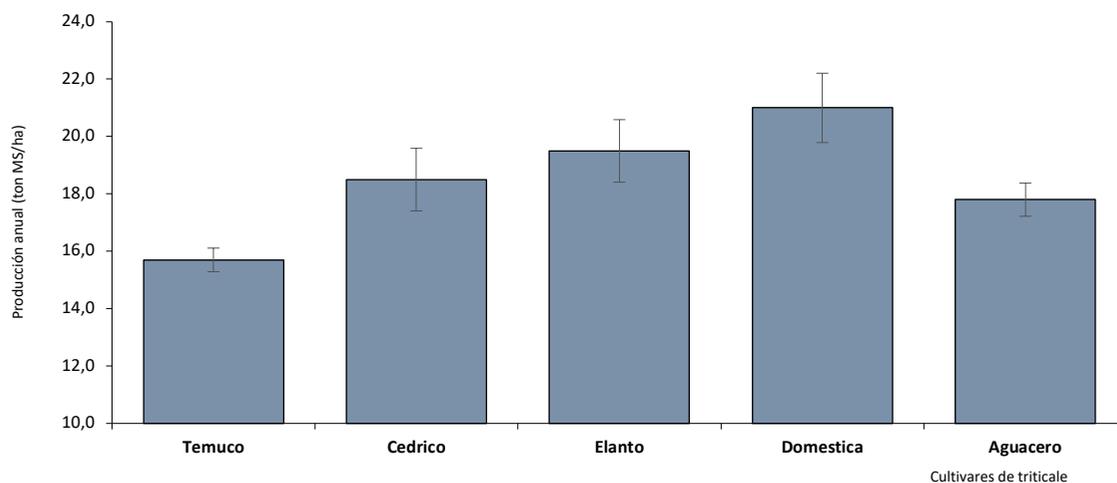
Efecto del momento de cosecha en el contenido de materia seca, rendimiento, porcentaje de proteína y contenido de energía metabolizable de triticale. Vilcún. Temporada 1999/2000.

Estado fenológico	Días de crecimiento	Producción (ton MS/ha)	MS (%)	PC (%)	EM (Mcal/kg)
Bota	190	11,71 e	20,2	10,6	2,56
Espiguilla visible	196	15,10 de	23,0	9,3	2,53
Antesis	203	18,57 d	26,2	7,6	2,46
Grano acuoso	217	23,92 bc	32,7	7,1	2,43
Grano lechoso	231	27,17 a	39,2	6,2	2,36
Grano harinoso	238	28,00 a	42,4	5,4	2,32
Grano duro	252	28,08 a	48,9	4,2	2,25

Cifras que no comparten letras son estadísticamente diferentes según prueba de Tukey ($p < 0,05$)
Fuente: adaptado de Rojas et al., 2004.

Producción

En la zona templada la producción alcanzada por el triticale ha sido superior a la del trigo, avena y cebada (Royo *et al.*, 1994). El equilibrio más favorable entre cantidad y calidad del forraje se ha conseguido cuando las plantas se cosechan en el estado de grano pastoso (Royo *et al.*, 1994; Rojas *et al.*, 2004). Mediciones realizadas en la localidad de Temuco, en plantas cosechadas en estado de grano pastoso, alcanzaron una producción de entre 16 y 22 ton MS/ha.



Producción de cinco cultivares de triticale. Estación Experimental Maquehue. Convenio Universidad de La Frontera – Anasac Chile S.A. Temuco, temporada 2016/2017.

Coefficiente de variación: 4,73%

Ensilaje

En los planteles lecheros y de engorde de ganado de carne, la principal fuente de energía es el maíz grano o ensilado y de proteína es el afrecho de soya o raps, todos ellos alimentos con bajo contenido de fibra. La incorporación de ensilaje de triticale a la dieta aporta fibra efectiva que mejora la rumia y elimina el uso de residuos de cereales (pajas). Lo anterior demuestra que no es correcto comparar el ensilaje de maíz con el ensilaje de triticale, ya que no tienen el mismo objetivo en

la dieta. El ensilaje de triticale aporta a las dietas la fibra efectiva y un nivel superior de proteínas que otros cereales (Harper *et al.*, 2017). Sin embargo, el contenido de nutrientes se reduce abruptamente con el avance del estado de madurez y con ello aumenta la variabilidad en su calidad nutricional.

Consumo y digestibilidad aparente de ensilaje de maíz, triticale y trigo consumido por vacas en lactancia.

Nutriente	Ensilaje de maíz	Ensilaje de triticale		Ensilaje de trigo
		Consumo (kg/día/animal)		
Materia seca	26,6	27,0		27,2
Proteína cruda	4,28	4,65		4,60
Almidón	7,33	5,77		5,62
FDN	8,85	9,18		9,25
FDA	5,61	5,99		6,01
Digestibilidad aparente (%)				
Materia seca	66,9	67,0		65,1
Proteína cruda	64,4	65,0		63,0
Almidón	99,5	99,3		99,1
FDN	44,2	47,0		42,9
FDA	37,1	41,9		36,8

Fuente: adaptado de Harper, *et al.*, 2017.

Contenido nutricional de ensilajes de triticale.

Componente	Unidad	Contenido
Materia seca	%	28 - 32
Proteína	%	7,5 - 9,5
FDA	%	38 - 44
FDN	%	58 - 62
Energía metabolizable	Mcal/kg	2,2 - 2,3
Cenizas	%	5 - 6





Cebada

Hordeum vulgare L. ssp. *vulgare*

Cebada (*Hordeum vulgare* L. ssp. *vulgare*)

La cebada es el cuarto cereal de importancia en el mundo después del trigo, el maíz y el arroz. En la alimentación animal se incluye en las raciones como grano seco, grano húmedo, ensilaje o forraje fresco a través del pastoreo o soiling. En la zona templada es una opción al maíz y al sorgo en áreas donde estos cereales no logran un buen nivel productivo.

Origen

Es una de las primeras especies domesticadas para el consumo humano y se han encontrado restos de cebada de hace aproximadamente 10.500 años, equivalente a 8.481 años AC en Tell Abu Hureyra (Siria). La actual cebada es producto de la domesticación de la cebada silvestre (*Hordeum spontaneum* (K. Koch) Thell.), diploide (con 14 cromosomas) y originaria del oriente medio, Marruecos y las altiplanicies de China. Su ingreso a Chile fue con la colonización europea y su difusión se produjo a través de la producción de cerveza.

Descripción botánica

Se trata de una monocotiledónea anual perteneciente a la familia Poaceae, subfamilia Pooideae, tribu Triticeae y género *Hordeum*. La especie *Hordeum vulgare* L. se divide en dos subespecies: *Hordeum vulgare* L. subsp. *spontaneum* Kch. y *Hordeum vulgare* L. subsp. *vulgare*. Esta última está representada por dos especies cultivadas: *Hordeum distichon* L., que es utilizada para la elaboración de cerveza, y *Hordeum hexastichon* L., destinada a la producción de grano para alimentación animal (Molina, 1989).

La cebada presenta un sistema radical fasciculado superficial que se concentra en los primeros 30 centímetros de profundidad. Es de crecimiento erecto y los tallos pueden alcanzar una altura de entre 0,8 y 1,5 metros (seis a nueve internodos). Las hojas son más largas que las del trigo y poseen un par de aurículas largas y abrazadoras con cierta pigmentación proporcionada por las antocianinas. La lígula es glabra, corta y dentada. Los tallos secundarios, también denominados macollos, aparecen en la planta a partir de la tercera hoja. La inflorescencia es una espiga compacta que es generalmente barbada. El fruto es una cariósipide y sus semillas logran la madurez fisiológica cuando la cariósipide tiene entre 35% y 45% de humedad (Rosales, 1999).

Cultivo de la cebada

Cultivares: Los cultivares de cebada se clasifican según su hábito de crecimiento en invernales, alternativos y primaverales. Entre estos, los hay generados a partir de genética convencional o por hibridación. Los cultivares se pueden clasificar también según el número de hileras que tiene la espiga.

La cebada posee tres espiguillas unifloras situadas sobre cada articulación del raquis. Cada espiguilla tiene dos glumas que envuelven los órganos reproductivos. De acuerdo con la fertilidad de la espiga, las cebadas se dividen en dos grupos: cebadas de dos hileras, que sólo tiene la espiguilla central fértil, y cebadas de seis hileras, en las que las tres espiguillas producen grano.

En el mercado también existen cultivares de cebada, con grano vestido o desnudo. En los primeros el grano está encerrado en sus glumillas adherentes, prolongándose la glumilla inferior en una arista o barba que se caracteriza por ser áspera y de longitud variable.

Los cultivares utilizados para producción de forraje son habitualmente de genética convencional, de hábito de crecimiento primaveral y son principalmente destinados a la elaboración de ensilaje, en especial en aquellas zonas donde no es posible el establecimiento y producción de maíz para ensilaje. En la última década se han introducido a Chile materiales de cebadas convencionales e híbridos con hábito de crecimiento invernal, que pueden tener un mayor potencial de crecimiento y mejor calidad nutricional.

Utilización

Como forraje suplementario la principal forma de uso es la elaboración de ensilaje. Con el ingreso de cultivares, con hábito de crecimiento invernal, se ha estudiado su uso en pastoreo invernal y doble propósito, cuyos resultados son incipientes y requieren un mayor tiempo de experimentación, especialmente en relación al manejo del pastoreo y carga animal.

Uso invernal y doble propósito

Periodo de siembra: Al igual que todos los cereales de grano pequeño destinados al pastoreo de invierno y posterior rezago para elaboración de ensilaje, la cebada se establece entre los meses de enero a marzo. Siembras tempranas permiten la utilización de la cebada en pastoreo a inicios de otoño y la posibilidad que las plantas rebroten y puedan ser pastoreadas en dos oportunidades durante el invierno.

Cultivares: Para uso invernal y doble propósito, sólo es posible utilizar cultivares de hábito de crecimiento invernal. Los cultivares de hábito primaveral producen un gran y rápido crecimiento invernal, pero su sensibilidad a helmintosporiosis (*Helminthosporium teres*) y rincosporiosis (*Rhynchosporium secalis*) causa la pérdida del follaje y muerte de parte de las plantas.

Principales cultivares de cebada sembrados para pastoreo invernal y elaboración de ensilaje.

Cultivar	Tipo	Hábito de desarrollo	Hábito de crecimiento
Tatoo	Híbrida	Invernal	Erecto
Tektoo	Híbrida	Invernal	Erecto
Antonella	Convencional	Invernal	Erecto

Dosis de semilla: Dependiendo del tamaño de la semilla, tipo de cebada y cultivar, la dosis es entre 140 a 180 kg/ha.

Asociación: Para mejorar la densidad de plantas y acelerar el proceso productivo de otoño e invierno, es factible la asociación de la cebada con otros cereales como avena y centeno. La dosis de semilla se reduce a 120 kg/ha si se asocia con 100 kg de semilla de avena/ha ó 80 kg de semilla de centeno/ha.



Cebada sembrada sola

Mezcla de Cebada + Centeno

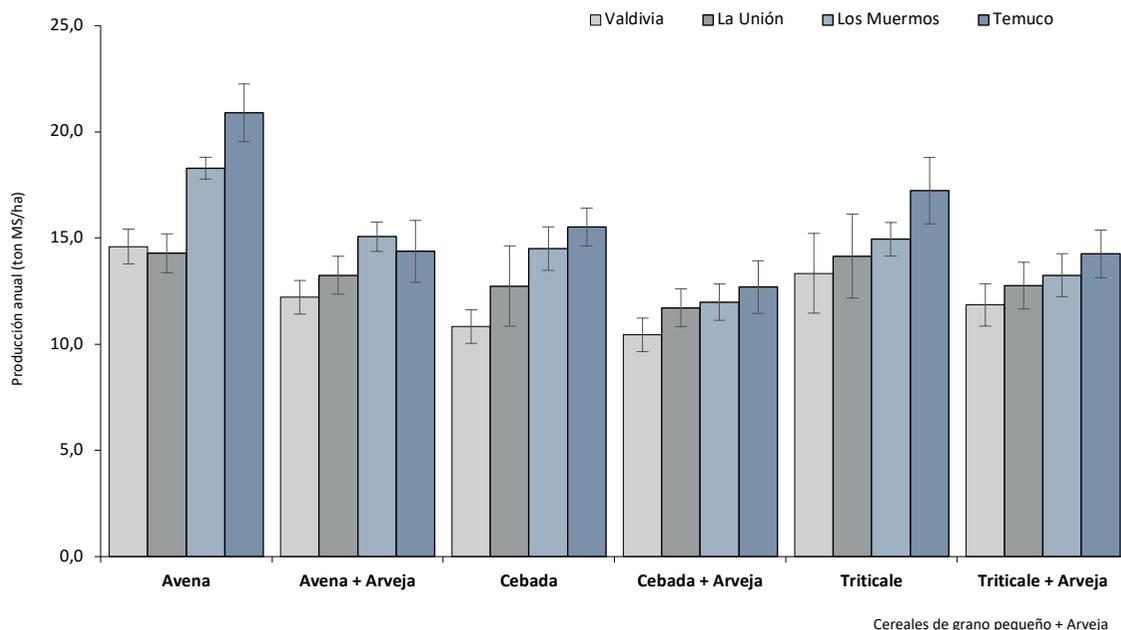
Producción: Mediciones realizadas en Temuco con cultivares híbridos de hábito de crecimiento invernal, demostraron la sensibilidad de la cebada a la fecha de establecimiento y severidad de las condiciones climáticas de invierno. En siembras tempranas de marzo, la producción de invierno fue superior a 2 ton MS/ha; sin embargo, en siembras de mediados de abril los mismos cultivares no alcanzaron 1 ton MS/ha.

Uso en conservación de forraje

En conservación de forraje la principal utilización de la cebada es la elaboración de ensilaje, proceso que ha sido ampliamente estudiado en Chile ya que es una alternativa más económica y flexible que la de ensilajes de maíz y sorgo. El papel nutricional del ensilaje de cebada en los sistemas ganaderos es clave, ya que es una fuente de fibra, tanto digestible – energía metabolizable – como “efectiva” – buffer ruminal.

Para mejorar el contenido nutricional del ensilaje de cebada se ha estudiado la producción y calidad de mezclas con leguminosas trepadoras como arvejas afilas y vicias. En cuatro localidades de la zona templada, las mediciones demostraron que la producción disminuía entre un 4 y un 18% respecto a la siembra sola, pero se produjo un aumento de entre 4 y 5% del contenido de proteína. La principal razón de la reducción de la producción es la mala sincronía entre el crecimiento de las especies y la debilidad de los tallos de la cebada.

Para aprovechar las labores y los costos de siembra, en algunos sectores de la zona templada, se establecen mezclas de cebada con especies forrajeras de crecimiento erecto y longevidad no superior a tres años. Mediciones realizadas en la localidad de Vilcún, con mezclas de cebada y trébol rosado, ballicas de rotación y ballica perenne + trébol blanco, demostraron que ninguna de las alternativas mejoró la calidad del ensilaje, mientras que la densidad del cultivo de cebada provocó una reducción de la cobertura inicial de las pasturas (Catrileo *et al.*, 2003).



Cereales de grano pequeño + Arveja

Producción de cuatro cereales de grano pequeño sembrados solos y en mezcla con arveja (*Pisum sativum* L.) en cuatro localidades de la zona templada. Temuco, Valdivia, La Unión y Los Muermos. Temporada 2017.

Cultivares: Para producción de ensilaje se utilizan los mismos cultivares mencionados para pastoreo invernal y doble propósito (Tatoo, Tektoo y Antonella), además de los cultivares de hábito primaveral como son Acuario y Alteza.

Periodo de siembra: Los cultivares de hábito de crecimiento invernal (Tatoo, Tektoo y Antonella) se establecen entre abril y junio y los primaverales (Acuario y Alteza) entre julio y septiembre.

Sistema de siembra: En ambas épocas de establecimiento se puede realizar bajo un sistema convencional, con preparación de suelo, mínima labor o cero labranza y la elección del proceso depende del pre cultivo, las características físicas del suelo y la disponibilidad de maquinaria. Para obtener una rápida cobertura del suelo y una eficiente competencia con las especies residentes o acompañantes, se utilizan maquinarias de siembra con distancia entre hilera de 15 ó 12 centímetros.

Dosis de semilla: La dosis está determinada por la época de siembra, el tamaño de las semillas y la calidad de la preparación del suelo. En siembras de otoño – invierno, la dosis es entre 140 y 160 kg/ha, equivalente a 280 y 320 semilla/m². En siembras de finales de invierno y primavera, la dosis es entre 200 y 220 kg semilla/ha que equivalen a 400 y 440 semilla/m². Las dosis superiores en cada época se utilizan en suelos con preparación imperfecta y sistemas de cero labranza.

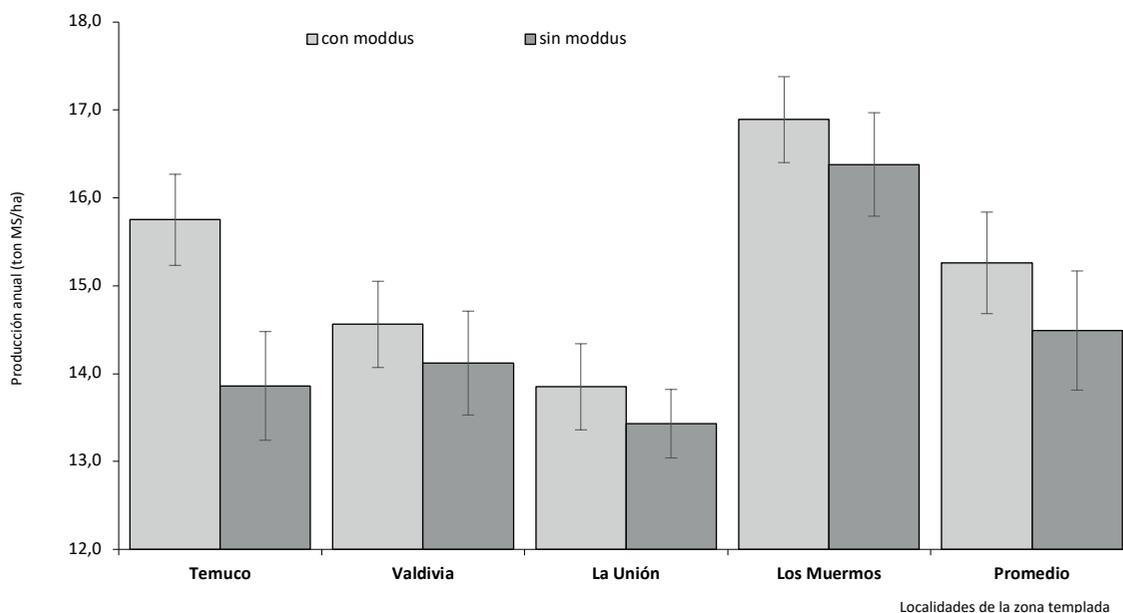
Fertilización: La cebada es una especie sensible a la acidez del suelo. Para el establecimiento de este cultivo es necesario corregir este parámetro y neutralizar el nitrógeno que se aplicará en el cultivo. En la corrección de la acidez se debe tener en cuenta que, por cada tonelada de cal aplicada al suelo, se produce un incremento de 0,15 puntos de pH y si la enmienda es dolomita el cambio es de 0,2 puntos de pH/ton. La neutralización del nitrógeno se efectúa a través de la incorporación al programa de enmienda de 4 kg de cal por cada kilo de nitrógeno amoniacal utilizado en la fertilización del cultivo.

A la siembra en el surco se aplica la mezcla completa compuesta por fósforo, potasio, magnesio, azufre boro y zinc, cuyas cantidades estarán definidas por los niveles de nutrientes que posee el sitio de establecimiento del cultivo. La aplicación de nitrógeno se realiza en dos o tres oportunidades y la dosis dependerá del tipo de suelo y la expectativa de rendimiento. Para lograr producciones de materia seca superiores a 15 ton MS/ha se aplican entre 200 y 240 kg N/ha.

Control de malezas: El control de las especies residentes o acompañantes, se puede realizar con productos químicos o en forma mecánica (sistemas orgánicos). El control químico puede considerar productos utilizados en pre emergencia de las plantas como es Diuron 50% (Dazzler 50 SC o Diurex 50% SC) en dosis de 1,5 L/ha en 200 litros de agua. Se debe evitar su utilización en suelos arenosos o en aquellos que posean un contenido de materia orgánica inferior a 6%. En post emergencia, sólo si es necesario, el control se puede realizar con 1 L MCPA 750 SL + 150 g Caimán 70 WG + 150 cc LI 700/ha ó 180 g Arrat + 0,5 L MCPA 750 SL/ha en 150 litros de agua.

Regulador de crecimiento: El uso de reguladores de crecimiento permiten disminuir las probabilidades de tendadura o encamado. Para esto existen diversas alternativas, entre las que destacan el uso del trinexapac-ethyl producto comercializado con el nombre de Moddus, cuya acción en la planta, una vez absorbido por las hojas, es inhibir temporalmente la conversión de una de las formas bioactivas del ácido giberélico, lo que conduce a una reducción del alargamiento de los entrenudos (Resende *et al.*, 2001; Faria *et al.*, 2015).

Mediciones realizadas en cuatro localidades de la zona templada, mostraron que el trinexapac-ethyl producía un incremento del 5,4% en el rendimiento de cebada para ensilaje como consecuencia de la reducción de la tendedura de las plantas. La mantención de las plantas erguidas hasta la cosecha, facilitó las labores de corte y evitó las pérdidas de forraje.



Efecto de la aplicación de un regulador de crecimiento (500 cc Moddus/ha) en la producción para ensilaje de cebada en cuatro localidades de la zona templada. Temuco, Valdivia, La Unión y Los Muermos. Temporada, 2016.

Coefficiente de variación: 3,99%

Momento de cosecha: El estado fenológico en el que son cosechadas las plantas define la producción y calidad de la cebada destinada a la elaboración de ensilaje. El rendimiento aumenta con el avance en la madurez de las plantas y la calidad con la disminución del aporte de los tallos (Acosta *et al.*, 1991; Canseco, 2004; Paine 2007).

Producción de cebada cosechada en distintos estados fenológico en localidades de la zona templada.

Estado fenológico	Producción (ton MS/ha)	Localidades
Encañado	1,02	Río Bueno
	1,04	Vilcún
Bota	3,38	Vilcún
Espigadura	5,30	Vilcún
Antesis	7,65	Río Bueno
	8,50	Vilcún
Grano lechoso	8,01	Vilcún
	13,20	Río Bueno
Grano harinoso	15,90	Vilcún
Caryopsis dura	17,13	Vilcún

Fuente: adaptado de Teuber *et al.*, 2000; Teuber *et al.*, 2001; Romero *et al.*, 1999; Hazard, *et al.* 2001; Catrileo *et al.*, 2003

Efecto del estado fenológico en la altura, el contenido de materia seca, la producción y la proporción de espigas y tallos de cebada. Púa, 2013.

Estado fenológico	Altura (cm)	MS (%)	Producción (ton MS/ha)	Tallos (%)	Espiga (%)
Grano pastoso	104	32,0	18,5	65,8	34,2
Grano pastoso harinoso	103	37,2	18,4	52,3	47,7
Grano harinoso suave	105	44,1	22,7	44,0	56,0
Grano harinoso duro	104	58,1	21,7	38,5	61,5
Grano duro	93	87,3	19,6	35,1	64,9

Desde la perspectiva nutricional, los carbohidratos solubles en agua presentes en las plantas de cebada se polimerizan cuando los granos se encuentran en estado lechoso (Crovetto *et al.*, 1998). En esta etapa las plantas poseen una mayor concentración de azúcares que producen un buen nivel de ácido láctico para estabilizar el pH en menos tiempo. Por su parte, la fibra aumenta con la madurez, pero se estabiliza con el llenado del grano, permaneciendo su concentración constante a partir de ese momento. Con estos antecedentes parece lógico que el momento adecuado de corte para elaborar ensilaje es cuando las plantas se encuentran con sus granos en estado pastoso. Esto fue corroborado por Elizalde & Gallardo (2003), Canseco (2004) y Paine (2007) que determinaron que en esta etapa de madurez de las plantas se encuentra la mejor relación entre el rendimiento y la calidad nutricional.

Producción y contenido en nutrientes de cebada cv. Acuario cosechado en ocho estados fenológicos. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2003.

Estado fenológico	Escala Zadocks ¹	Altura (cm)	Hoja (%)	Producción (ton MS/ha)	MS (%)	PC (%)	FDA (%)	FDN (%)	EM (Mcal/kg)
Eje principal	Z 2.7	40	78	1,58	12,9	27,21	24,2	40,6	2,61
Tercer nudo	Z 3.3	73	63	4,71	12,8	19,73	33,8	50,3	2,26
Barbas visibles	Z 4.9	102	36	7,39	14,0	15,45	37,2	60,2	2,13
Espiga emergida	Z 5.9	109	25	9,69	17,9	9,92	38,7	65,6	2,07
Antesis	Z 6.9	112	18	10,56	19,3	9,13	42,3	65,9	1,94
Grano lechoso	Z 7.7	115	14	13,75	25,3	7,73	39,6	63,6	2,04
Grano harinoso	Z 8.5	112	13	15,76	27,4	7,59	36,9	61,6	2,14
Caryopsis dura	Z 9.2	100	6	24,97	55,4	5,64	33,1	51,1	2,28

1: Zadocks *et al.*, 1974.

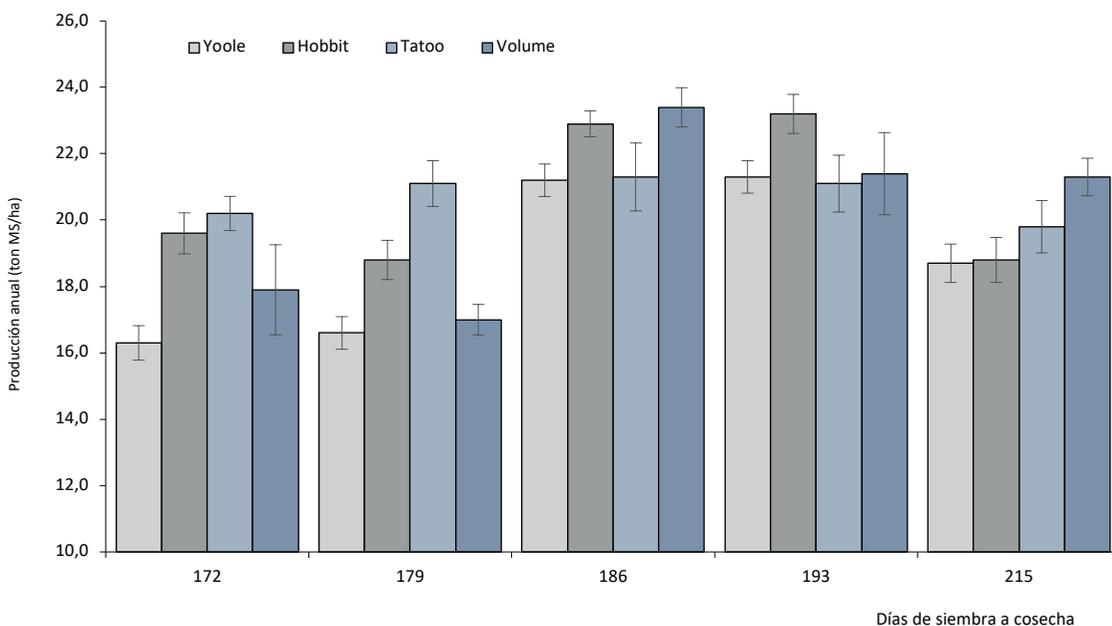
Fuente: adaptado de Canseco, 2004.



Stay green de cebada híbrida al momento de la cosecha de forraje para ensilaje

Producción

El nivel de producción que se ha logrado con la incorporación de los cultivares híbridos de hábito de crecimiento invernal y que son sembrados en otoño, supera las 20 ton MS/ha. En cultivares de hábito primaveral el rendimiento no supera las 16 ton MS/ha.



Producción de cebada para ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2016/2017.

Coefficiente de variación: 5,98%

Efecto de la época de cosecha en la producción y calidad de cebada para ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2007.

Estado fenológico	Grano lechoso	Grano harinoso suave
Altura (cm)	98,0	96,0
Espiga (%)	26,6	51,0
Producción (ton MS/ha)	12,8	15,3
MS (%)	30,3	53,2
PC (%)	8,9	7,0
FDA (%)	36,0	32,2
FDN (%)	60,2	59,9
EM (Mcal/kg)	2,18	2,32

Fuente: adaptado de Paine, 2007.

Ensilaje

La forma de elaborar el ensilaje define la calidad del producto conservado. En estado vegetativo o previo a la formación del grano el ensilaje se realiza pre deshidratado. En estado pastoso, la única forma de conservar la cebada es a través del ensilaje de corte directo, ya que en el proceso de deshidratado en el campo se produce pérdida de granos que son parte importante del rendimiento y calidad del material ensilado.

La ensilabilidad de la cebada depende del estado de madurez de las plantas debido que a medida que avanza el desarrollo, los granos son más duros y los cambios estructurales de las paredes celulares del tallo producen tallos más rígidos, los que son más difíciles de compactar en el silo que el material vegetal que se cosecha en las primeras etapas de madurez (Kennely & Weinberg, 2003). El mayor contenido de humedad de las plantas en estados anteriores al de grano lechoso, genera procesos fermentativos más extensos en los que se producen pérdidas de materia seca y energía.

Para mejorar y acelerar los procesos de fermentación en el ensilaje y reducir las pérdidas producidas por el impacto aeróbico, una vez que se abre el silo se aplica a la masa ensilada aditivos biológicos que incluyen la bacteria homofermentativa *Lactobacillus plantarum* y la heterofermentativa *Lactobacillus buchneri*.

Calidad bromatológica: Estudios con animales han demostrado que ensilajes realizados en estado pastoso registran la mayor eficiencia de conversión. En este estado las plantas presentan 70% de digestibilidad, 2,43 Mcal/kg de Energía metabolizable, 10,6% de proteína cruda y una producción de materia seca de 14,1 ton MS/ha.

Producción animal

Mediciones realizadas por Rojas & Catrileo (2000), demostraron que el ensilaje de cebada es una opción al ensilaje de maíz ya que, en el estado de grano harinoso produce ganancias de peso similares a las alcanzadas por el del maíz en novillos de engorde estabulados. En producción de leche, el ensilaje de cebada supera en calidad, consumo y producción a los ensilajes de avena y trigo (Elizalde & Menéndez, 2004). Esta mejor respuesta productiva de las vacas se debe al mayor contenido de almidón, menor concentración de fibra y mejor digestibilidad de la materia orgánica que posee el ensilaje de cebada (Nadeau, 2007).





Centeno

Secale cereale L. M.Bieb.

Centeno (*Secale cereale* L. M.Bieb.)

El centeno es una especie utilizada para pastoreo de invierno, elaboración de ensilaje y producción de grano. Su desarrollo como opción en los planteles ganaderos de la zona sur está teniendo mayor importancia desde el ingreso al país de cultivares de alto rendimiento y calidad nutricional.

Origen

Es originaria de la península de Anatolia, en Asia menor (*Secale ancestrale*; *Secale montanum*). Fue reconocida como cereal (3.000 años AC) en Turquestán desde donde se extendió al norte de Europa. A Chile, ingresó con la colonización europea y desde entonces ha sido utilizado como fuente de grano para la elaboración de harina

Descripción botánica

Se trata de una monocotiledónea perteneciente a familia Poaceae, subfamilia Pooideae, tribu Triticeae y género *Secale*. La arquitectura de la planta se caracteriza por presentar un crecimiento erecto, su inflorescencia es una espiga y el fruto una cariósipide. Posee un sistema radical fasciculado, de mayor desarrollo que otros cereales de grano pequeño, lo que le confiere una mayor rusticidad. Las raíces habitualmente se ubican próximas a la superficie del suelo, aunque presenta algunas que penetran hasta dos metros de profundidad. La polinización es cruzada y anemófila y sus cultivares no presentan homogeneidad y estabilidad como otros cereales. La semilla es de forma alargada, desnuda, ligeramente aplastada por los lados, habitualmente de color grisáceo y presenta una ligera sutura ventral que recorre desde el embrión hasta el inicio de la arista.

Cultivo del centeno

Cultivares: En Chile sólo existen cultivares con hábito de crecimiento invernal. Los antiguos cultivares sólo se utilizaban para la producción de grano, pero con el ingreso de los cultivares diploides de floración precoz Generator y Bonfire se amplió el espectro al uso en pastoreo, conservación de forraje y producción de grano.

Uso invernal

Periodo de siembra: En siembras tempranas a finales de verano, el centeno con hábito de crecimiento invernal ha demostrado que logra una producción de invierno significativamente superior a otros cereales de grano pequeño. En siembras realizadas entre los meses de febrero y marzo se consigue una producción invernal superior a 2 ton MS/ha. El retraso en la fecha de siembra produce el desplazamiento de la disponibilidad de forraje para los meses de agosto y septiembre.

Sistema de siembra: Para uso invernal la siembra de centeno solo o asociado a otras especies se hace en sistema de cero labranza con el objetivo de tener un piso firme que soporte la presencia de animales en pastoreo en épocas de precipitación abundante. Siembras convencionales con movimiento de suelo no soportan el pisoteo animal.

Dosis de semilla: La dosis en siembras solas es de 180 kg de semilla/ha, equivalente a 450 semillas/m². En asociación con avena, ballica de rotación o trébol rosado, la dosis se reduce a 120 kg de semillas/ha que corresponde a 300 semillas/m². Las dosis de las especies con que se asocia son en avena 100 kg/ha, en ballicas de rotación 25 kg/ha y en trébol rosado 8 kg/ha.

Asociación: La mezcla de centeno y avena es una alternativa que permite acelerar la utilización invernal respecto a la siembra de centeno solo. Con esta asociación las mediciones realizadas han demostrado que es posible el uso de la pastura 15 días antes de cuando se usa el centeno solo y el aporte de la avena a la producción invernal no supera el 45%. Otra opción de mezcla es con ballicas de rotación y trébol rosado, que además de ser un aporte a la producción de invierno, incrementa en tres años la longevidad de la pastura.

Producción invernal y aporte de las especies a la composición botánica de centeno sembrado solo y en mezcla con dos cultivares de avena. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Periodo abril – septiembre. Temporada 2018.

Especies	cv. Centeno	cv. Avena	Producción (ton MS/ha)	Avena (%)	Centeno (%)
Centeno	Generator		5,14 a	0	100
Avena + Centeno	Generator	Supernova	4,79 a	42	58
Avena + Centeno	Generator	Pituca	4,47 a	38	62

Cifras que no comparten la misma letra son diferentes estadísticamente según prueba de Tukey (p<0,05)

Sistema de pastoreo: El uso de centeno solo o asociado a otras especies en invierno se realiza con un pastoreo controlado donde prima el sistema infrecuente – laxo, que permite la rápida recuperación del cereal. Pastoreos intensos dañan las plantas y limitan la capacidad de rebrote. Para lograr una alta eficiencia de utilización se usa cerco eléctrico móvil, en franjas largas y angostas que evita la destrucción excesiva de las plantas por pisoteo de los animales. El residuo mínimo es de siete centímetros y no es una buena práctica el consumo de las plantas en días con heladas.

Producción invernal: La producción de invierno depende de diversos factores como son la fecha de siembra, el nivel de fertilidad del suelo, la nutrición de las plantas y el manejo del pastoreo. La mayor producción se logra en siembras realizadas durante el mes de febrero y cuyo rendimiento invernal fluctúa entre 2 y 5 ton MS/ha.

Uso doble propósito

En doble propósito solo hay mediciones de la modalidad pastoreo invernal - elaboración de ensilaje. La fecha y el sistema de siembra, como también la dosis de semilla y el manejo de pastoreo, se hace de igual forma a lo que se ha descrito para el uso invernal de este cultivo. El pastoreo se interrumpe cuando el nudo reproductivo queda expuesto al consumo animal, es decir, a tres centímetros de altura del suelo. Mediciones realizadas en la Estación Experimental Maquehue de la Universidad de La Frontera en Temuco, demostraron que el aporte de la producción invernal a la producción total fluctúa entre el 3 y 8% y depende de la población de plantas supervivientes al estrés que significa el pastoreo invernal.

Uso en conservación de forraje

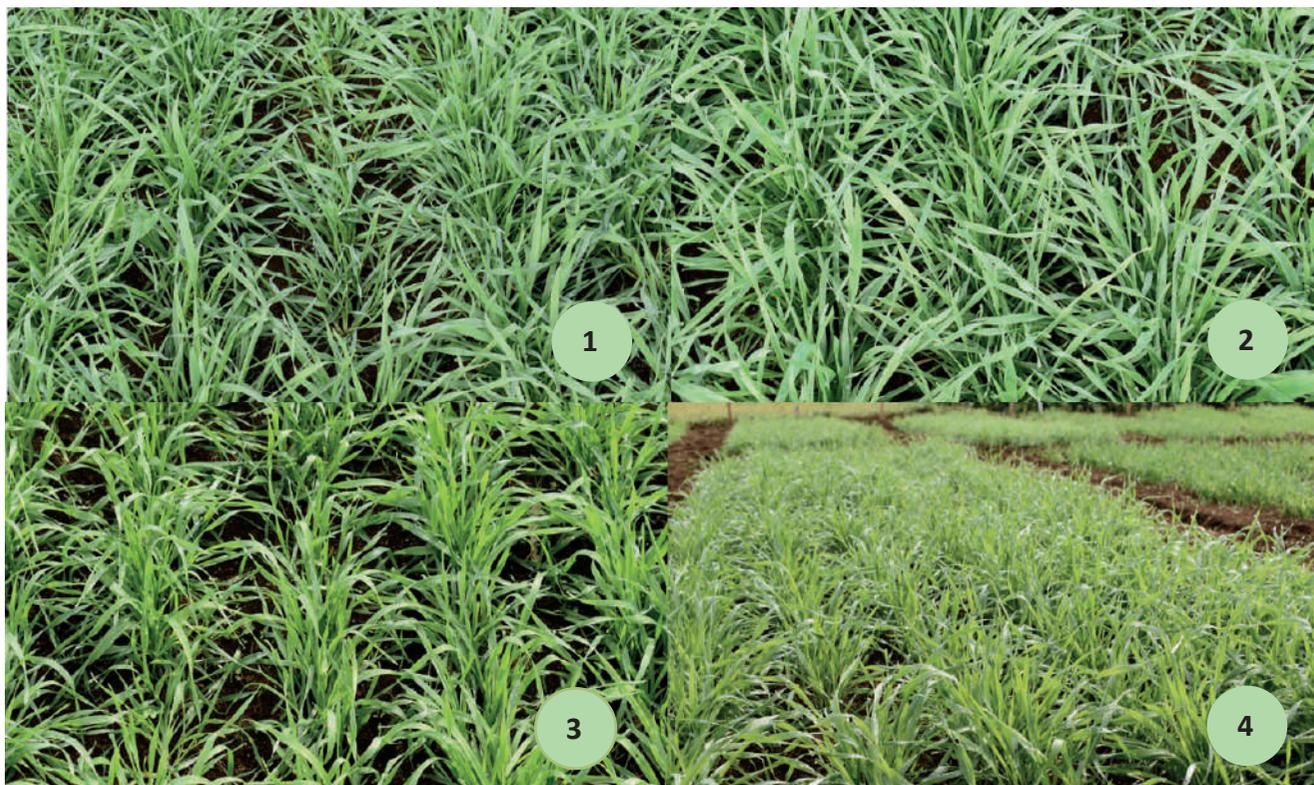
Con la entrada de cultivares de hábito de crecimiento invernal, el uso para la elaboración de ensilaje pasó a constituir una alternativa de alto rendimiento y calidad. Las mediciones han demostrado la buena adaptabilidad y alta versatilidad que esta especie tiene en la zona templada.

Periodo de siembra: La siembra se extiende desde el mes de mayo al mes de junio y el sistema de establecimiento puede ser realizado con cero labranza, mínima labor o labranza convencional. La elección de la forma de siembra depende del pre cultivo y las condiciones particulares de cada sitio.

Doble cultivo: En algunas áreas de producción del mundo el centeno se utiliza como doble cultivo, es decir, se establece en verano para pastoreo invernal o elaboración de ensilaje en estados tempranos de madurez (premarchito), lo que permite la inclusión en primavera de un segundo cultivo.

Dosis de semilla: La dosis depende de la época de siembra y la calidad de la preparación del suelo. En siembras de mayo y junio con labranza convencional, la dosis de semilla es 140 kg/ha equivalentes a 350 semillas/m². En establecimientos posteriores y cero labranza, la dosis es 160 kg de semilla/ha (400 semillas/m²).

Asociación: Para elaboración de ensilaje, se siembra solo o en mezcla con vicia o arveja. La inclusión de la leguminosa tiene por objetivo el aumento del contenido de proteína de la mezcla ensilada. Mediciones realizadas en Temuco demostraron que existe un aumento de entre el 5 y 12% en el contenido de proteína, pero se produce una reducción de entre un 5 y 8% en la producción de materia seca respecto a la siembra de centeno solo.



Centeno sembrado para pastoreo invernal. (1) Centeno solo; (2) Centeno + Avena; (3) Centeno + Trigo, (4) Centeno + Triticale

Fertilización: El centeno se caracteriza por ser un cereal de mayor tolerancia a la acidez del suelo, sin embargo, para lograr la expresión del potencial de producción de esta especie, es necesario considerar en el programa de fertilización la corrección de la acidez y la neutralización de los fertilizantes amoniacales aplicados en el cultivo.

A la siembra, en el surco, se aplica una mezcla completa compuesta por fósforo, potasio, magnesio, azufre, boro y zinc, cuya proporción está directamente relacionada con los requerimientos del cultivo y el contenido de nutrientes del suelo. El nitrógeno se aplica de post emergencia en dosis de 160 kg/ha y se reparte en dos o tres aplicaciones.

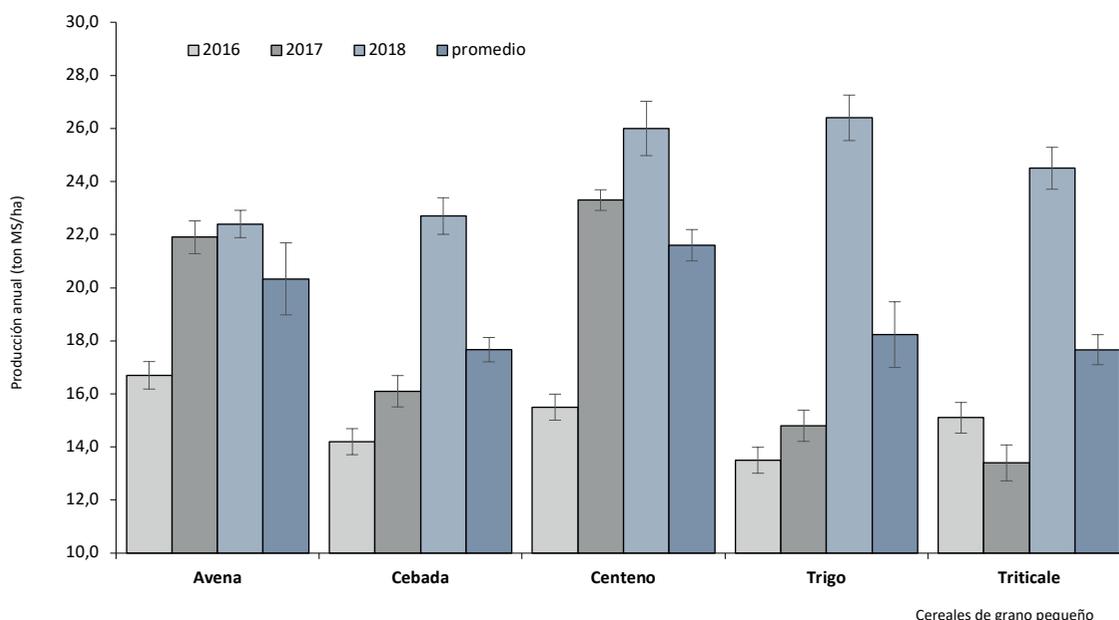
Control de malezas: El control de malezas se realiza de pre emergencia de las plantas de centeno con 1,5 L Diuron 50% (Dazzler 50 SC o Diurex 50% SC)/ha en 200 litros de agua. Este producto no se debe utilizar en suelos arenosos o aquellos que posean un contenido de materia orgánica inferior a 6%. En la etapa de post emergencia de las plantas, sólo si es necesario, el control químico de las malezas se puede realizar con 1 L MCPA 750 SL + 150 g Caimán 70 WG + 150 cc LI 700/ha ó 180 g Arrat + 0,5 L MCPA 750 SL/ha en 150 litros de agua.

Regulador de crecimiento: Un cuidado especial hay que tener con la tendadura. Por ello la dosis total de nitrógeno aplicada al cultivo no debe ser superior a 160 kg/ha equivalente a 350 kg Urea/ha, dosis que es aplicada en tres parcialidades. Además, es necesario considerar dos aplicaciones de regulador de crecimiento. La primera cuando la planta posee un nudo con 0,5 L Medax Top + 150 cc LI 700/ha y la segunda con la planta en tres nudos con 0,6 L Medax Top + 150 cc LI 700/ha en 150 litros de agua. Otra opción es el uso de 2 L Belcofel 750 SL/ha con plantas en 1 nudo y la segunda aplicación con 2,4 L Belcofel 750 SL/ha en plantas con tres nudos.

Momento de cosecha: El periodo óptimo de cosecha es muy estrecho. El avance de la madurez es más rápido que en otros cereales ya que, en menos de diez días, las plantas pasan del estado de formación de grano a grano pastoso, con grandes diferencias en calidad. En la etapa Zadock 39, donde se puede ver la lígula de la última hoja, el contenido de proteína de las plantas se aproxima al 18% y la FDN al 50%. En la etapa Zadock 55, donde ya está formada la espiga, la proteína decae a valores inferiores al 14% y la FDN aumenta por encima del 60%. Con las plantas en estado de grano pastoso, la proteína es inferior al 7% y la FDN alcanza valores superiores al 65%, lo que hace disminuir su digestibilidad a niveles inferiores al 60%. Con esta variabilidad, la elaboración de ensilaje se hace de la forma premarchito, en las primeras etapas, y de corte directo en etapas avanzadas de madurez.

Producción

La producción para ensilaje depende de diversos factores, tales como la época de siembra, la dosis de nitrógeno, el manejo del cultivo, las condiciones del sitio y el estado fenológico de las plantas en el momento de la cosecha. En tres años de medición, el centeno demostró en la zona templada ser una interesante alternativa para la producción de forraje para ensilaje, ya que el rendimiento fue similar o superior a otras especies de cereales de grano pequeño.



Producción de cinco cereales de grano pequeño para ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Años 2016, 2017 y 2018.

Coefficiente de variación 2016: 6,58%
 Coeficiente de variación 2017: 7,54%
 Coeficiente de variación 2018: 8,81%

Calidad nutricional

Asumiendo que la calidad del producto generado cambia según la nutrición del cultivo y el estado fenológico de las plantas al momento de su utilización, este producto ensilado con un contenido de materia seca de entre 28 y 32% logra un nivel de proteína que fluctúa entre 7,2 a 8,1%; FDN: 55% a 58%; EM: 2,15 a 2,24 Mcal/kg. En ensilaje premarchito donde se pueden cortar las plantas con contenido de materia seca inferior a 20% es posible lograr niveles de proteína cercanos a 16% y energía superior a 2,5 Mcal/kg, pero con la desventaja de sólo alcanzar una producción en torno a 8 ton MS/ha. Este tipo de producto es incluido en las dietas ganaderas como un alimento de calidad y alta digestibilidad.

Efecto de la época de cosecha en la producción y calidad del ensilaje de centeno.

Parámetro	Hoja bandera	Grano pastoso
Rendimiento (ton MS/ha)	6,9	12,7
Materia seca (%)	35,2	36,1
Proteína (%)	14,2	6,3
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2,55	2,24
Digestibilidad (%)	68,9	59,3

Fuente: adaptado de Wannasek, *et al.*, 2019

Alelopatía: El centeno se usa ampliamente como cultivo de cobertura debido a sus efectos alelopáticos y su eficacia en la supresión de malezas. Es por esta razón, que en sistemas de rotación de cultivos es necesario tener en cuenta que los efectos alelopáticos que produce se prolongan hasta un año. El uso de centeno como pre cultivo de alfalfa produce a la siembra una reducción en la población de plantas de entre un 35 y 64% y una disminución en la producción de forraje entre un 15 y 43% en el año de siembra que se puede prolongar a temporadas posteriores (Adhikari *et al.*, 2018).

Impacto en los ecosistemas

El centeno es una planta que ha sido catalogada como un mejorador de suelos y conservador del recurso hídrico. Debido a su sistema radical fibroso produce una profusa exploración radical del suelo, mejorando su estructura, permeabilidad, contenido de humedad y biodiversidad. Incorporado al suelo como abono verde (de 30 a 60 ton material verde/ha) aumenta la cantidad y calidad de la materia orgánica a un ritmo de descomposición más lento que cuando se usan otros cereales. Esto permite alcanzar una mayor retención de agua en el suelo y un mejor control de la erosión. Esta especie requiere entre un 20 y 30% menos de agua que el trigo por unidad de materia seca producida (GRDC, 2018).



Mezcla de centeno y otros cereales.



Maíz

Zea mays L.

Maíz (*Zea mays* L.)

En las dietas de vacas lecheras de alta y mediana producción, el ensilaje de maíz es el perfecto complemento al consumo de pasturas permanentes. El sistema de alimentación óptimo es aquel que puede combinar la proteína y la fibra de la pastura con la energía y el almidón del ensilaje de maíz, asegurando así, una alta eficiencia de utilización de ambos recursos forrajeros. En la mayoría de las lecherías que utilizan maíz para ensilaje, se produce una separación de flujos de nutrientes entre el monocultivo de maíz y las pasturas, situación que tiene como consecuencia el uso excesivo de nitrógeno para mantener el rendimiento del maíz y el aumento de los riesgos de pérdida de este elemento que conduce a problemas sociales referidos a los ecosistemas. Hoy las lecherías de todo el mundo intentan reducir las pérdidas de nitrógeno y carbono del suelo a través de sistemas sostenibles con enfoques de temporalidad diferentes y donde la rotación permita el acoplamiento de los principales recursos forrajeros utilizado en las dietas de los animales: pastura y maíz.

La adaptación de los sistemas a esta nueva temporalidad pasa por la elección correcta de los híbridos de maíz para cada zona de cultivo, donde la premisa principal es alcanzar los niveles de rendimiento y madurez en un corto periodo, permitiendo así sembrar y cosechar bajo condiciones climáticas adecuadas.

En este ámbito y en forma ininterrumpida por 29 años, la Universidad de La Frontera a través del Programa de “Praderas y Pasturas”, ha cumplido un rol importante en la determinación de la adaptabilidad de los híbridos de maíz a las condiciones edafoclimáticas de la zona templada del centro sur de Chile. Los resultados han permitido promocionar, entre las empresas, el ingreso al país de híbridos de ciclo corto, con alto contenido de almidón y buena digestibilidad de la FDN, modificando la tradicional estrategia de sólo volumen que se planteaba en la década de los noventa en el siglo pasado. Asociado a este avance en la calidad de los híbridos, los sistemas productivos ganaderos, evolucionaron a dietas compatibles entre maíz y pasturas. Los principales y más importantes avances tecnológicos en los ensilados tuvieron relación con el momento de cosecha (30 a 35% MS), tamaño de picado, uso de aditivos biológicos y tiempo de espera entre sellado y apertura, todos puntos relevantes en el desarrollo del este cultivo.

En este capítulo se entrega información actualizada del cultivo de maíz para ensilaje, análisis agronómico y soluciones técnicas relevantes para los distintos aspectos, tales como establecimiento, nutrición, disponibilidad de híbridos en el mercado, técnicas de ensilabilidad, calidad nutricional y costos de producción.

Origen

El maíz (*Zea mays* L.) se considera que fue una de las primeras especies cultivadas hace unos 7.000 a 10.000 años. La evidencia más antigua como alimento humano proviene de México, donde fueron encontradas pequeñas mazorcas estimadas en más de 5.000 años (Wilkes, 1979). La determinación del origen de *Zea mays* L. ha sido motivo de controversia.

Existen tres teorías cuya verosimilitud aún no ha podido ser aclarada con precisión. La teoría más antigua, denominada tripartita, posee tres postulados básicos:

- 1.- El maíz cultivado fue domesticado desde un maíz silvestre.
- 2.- Este maíz se hibridó con *Tripsacum* y dio origen a una nueva planta: el teocintle.
- 3.- La hibridación directa de maíz con *Tripsacum*, o la introgresión de germoplasma de *Tripsacum* vía teocintle, dio origen a la mayoría de los tipos de maíz que actualmente existen en el mundo (Mangelsdorf, 1961; Mangelsdorf & Reeves, 1959).

La segunda teoría sostiene que el maíz es el resultado de la hibridación entre *Tripsacum* y *Zea diploperennis* (Eubanks, 2001). La última teoría es la que tiene mayor cantidad de adeptos y postula que el teocintle anual mexicano fue el ancestro del maíz cultivado y que se originó mediante la domesticación realizada por el hombre (Sundberg & Orr, 1986; Matsuoka *et al.*, 2002).

Desde el centro de México el maíz se difundió a toda América. Se considera que alrededor del año 1.000 d.C experimentó un proceso de selección y mejoramiento por parte de los agricultores que reconocieron en esta especie un alimento energético de alto valor nutritivo (Listman & Estrada, 1992). Cuando llegaron los españoles a América se cultivaba desde Canadá a Chile con variedades mejoradas. Hacia finales del año 1.500, el maíz era cultivado en España, Italia, sur de Francia, África y Asia, hasta donde llegó a través de comerciantes portugueses y árabes (Miracle, 1965; Brandolini, 1970). En menos de 300 años se difundió en todo el mundo y se transformó en un cultivo relevante en la mayoría de los países que lo cultivaron (Dowswell *et al.*, 1996).

En Chile fue introducido por los incas cien años antes de la llegada de los españoles y su cultivo era para la producción de grano y choclo fresco para consumo humano. Tuvo un centro de desarrollo genético en la zona norte de Chile, donde se pueden distinguir algunos ecotipos locales como Camiñano, Lluteño y Calameño, cuyos nombres están referidos a los lugares de adaptación y que hoy se consideran germoplasmas nativos y reservorios genéticos (Carevic, 2017).

Con la introducción de la ganadería doméstica en Chile, el maíz no sólo fue destinado a la producción de grano, sino también al consumo de forraje verde fresco para los animales. La conservación como ensilaje fue hecha por primera vez en el año 1883 por Luis Dávila Larraín en el fundo Lo Caña, ubicado al oriente de Santiago (Águila, 1997).

Descripción botánica

Especie monocotiledónea anual perteneciente a la familia Poaceae, sub familia Panicoideae, género *Zea*. La planta posee una raíz primaria desde donde nacen algunas raíces adventicias que le permiten mantenerse erecta. El tallo es grueso, con epidermis exterior impermeable y transparente. Sus hojas tienen forma alargada y se ubican enrolladas al tallo. La planta es monoica con flores unisexuales. A partir de las yemas axilares de las hojas nacen la inflorescencia femenina, que corresponde a la mazorca. La inflorescencia masculina es la panícula, en la que a partir de los estambres se desarrolla el polen que cae en los pistilos ubicados en la mazorca. El grano es un fruto independiente que posee el nombre de cariósipide (Kato *et al.*, 2009).



Maíz (*Zea mays* L.) en distintos estados del cultivo.

Cultivo del maíz

Semilla: En todo el mundo, el mercado ofrece semillas procedentes de variedades de polinización libre o abierta que se multiplican generalmente a nivel local, especialmente en el área andina. Se producen por polinización no controlada o abierta y aun cuando poseen una apariencia característica, las plantas resultan ser desuniformes en tamaño, arquitectura, precocidad y tamaño de mazorca y grano.

Para la producción de ensilaje, la semilla que se utiliza es híbrida, resultado del cruzamiento controlado de líneas puras seleccionadas. Existen diferentes tipos de cruzamiento que buscan características definidas del híbrido que se pretende producir. Lo anterior, se logra seleccionando una línea pura que se fecunda con su propio polen, por lo menos en cinco años, para obtener el mayor porcentaje posible de homocigosis. Según el número de líneas puras que intervienen en la producción, los híbridos se clasifican en híbridos simples, dobles y de tres líneas.

Tipos de híbridos de maíz (*Zea mays* L.).

Tipo de híbrido	Cruzamiento
Simple	Cruzamiento de dos líneas puras
Dobles	Cruzamiento entre dos híbridos simples
Tres líneas	Cruzamiento entre un híbrido simple y una línea pura

El tamaño, forma y color de los granos, así como la consistencia del almidón, permiten la agrupación de las semillas de maíz. Las principales categorías corresponden a dentado, córneo, amiláceo, reventón, céreo y tunicado. En cada uno de estos grupos hay diversos calibres que determinan el tipo de máquina y disco de siembra a emplear.

El primer cultivar de maíz utilizado en Chile fue Eureka, que presentaba una mala relación mazorca/planta entera. Posteriormente, la Estación Experimental de la Universidad de Chile, produjo un cultivar para ensilaje denominado LH-Rinconada, que fue ampliamente utilizada en la zona mediterránea de riego (Águila, 1997).

Agrupación de las semillas de maíz según sus características físicas.

Tipo de grano	Características principales
Dentado	Almidón blando. Posee una hendidura en la corona del grano
Córneo o cristalino (camelia)	Grano duro, liso y posee poco almidón blando
Amiláceo harinoso	Alta proporción de almidón blando y el grano es poco dentado
Reventón (<i>Popcorn</i>)	Endosperma con almidón córneo. El grano contiene sustancia coloidal que permite incremento de presión de vapor que al calentar revienta
Céreo	Grano de aspecto ceroso. El almidón está formado en su totalidad por amilopectina
Tunicado	Sus granos están cubiertos por una vaina

Fuente: adaptado de Altamirano, 1978.



Diferencias en el tipo de grano y mazorcas de híbridos de maíz para ensilaje.

Híbridos de maíz: A nivel mundial se acepta la clasificación de los híbridos de maíz mediante un índice establecido en el año 1952 por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) que cataloga los híbridos en 10 grupos según su precocidad. Esta segmentación ubica a los híbridos según el índice FAO de 100 a 1.000 y se basa en los días que se requieren entre la siembra y la madurez fisiológica, medida en el área del cinturón maicero (*corn belt*) ubicado en la región del medio oeste de los Estados Unidos.

Clasificación de los híbridos de maíz según el índice de precocidad de la FAO.

Índice FAO	Integral térmica (Grados día (°C) acumulados)	Días ¹
200	< 1.826	86 - 95
300	1.826 - 1.925	96 - 105
400	1.926 - 2.000	106 - 115
500	2.001 - 2.075	116 - 120
600	2.076 - 2.125	121 - 130
700	2.126 - 2.176	131 - 140
800	2.177 - 2.227	141 - 150
900	2.228 - 2.278	151 - 160
1.000	> 2.278	> 160

1: Días entre la siembra y la madurez fisiológica (30 a 35% humedad en el grano).

Este índice incorpora la integral térmica, que corresponde a la acumulación de grados día desde la siembra hasta la madurez fisiológica, momento en que el grano posee entre 30 y 35% de humedad. Según la zona los híbridos pueden tener distinto índice ya que el comportamiento depende de la acumulación de temperatura y las condiciones ambientales específicas del sitio de producción. Así, cada híbrido tiene su propia integral térmica, tanto para la floración, como para la madurez fisiológica, que se mantiene constante entre años, pero cambia según el número de días que demora la floración y la madurez fisiológica que está definido por la condición de humedad y temperatura del ambiente. En años cálidos el número de días entre la siembra y la madurez fisiológica es menor que en años húmedos.

Un ejemplo es la zona templada, donde en los últimos 25 años, los grados día acumulados base 6°C ha fluctuado entre 1.560 y 2.450, donde el periodo desde la siembra a la madurez fisiológica entre 164 y 178 días. Esta condición ha determinado que, para la zona templada, los híbridos más estables en comportamiento productivo sean aquellos que poseen un índice FAO de 180 a 240. Este amplio rango de índice FAO está definido por las condiciones climáticas, que cambian con la latitud y la altitud. En dirección sur y a mayor altitud, los híbridos utilizados son de mayor precocidad (FAO 180 a 210) y en las zonas más cercanas a la costa y en latitud inferior se usan los híbridos de precocidad intermedia (FAO 220 a 240).

Es preocupante observar las opiniones de algunos sectores de la cadena productiva lechera de la zona sur que están promoviendo híbridos de ciclos largos para zonas con riesgo climático evidente. Si bien, el cambio climático podría permitir la incorporación a los sistemas lecheros de maíces con un ciclo un poco más largo, esto constituye un alto riesgo, porque los eventos climáticos están siguiendo una tendencia de mayor concentración y severidad que atenta claramente con las opciones de siembra y cosecha en momentos adecuados. Hay que considerar que un sistema estable es, por definición, el que menos cambia en respuesta a la variación ambiental, por lo tanto, no se debe introducir un elemento más de riesgo al sistema porque eso inevitablemente conducirá a una mayor inestabilidad.

Además de la precocidad, Demanet (2019) menciona otros parámetros relevantes en la elección de un híbrido para la elaboración de ensilaje:

- ✓ **Vigor de las plantas y tolerancia al frío:** Las semillas tienen que cumplir con las pruebas de germinación y vigor en frío (*cold test*). Para semillas sembradas en zonas de bajas temperaturas, el vigor en frío se realiza sometiendo a la semilla durante cuatro días a temperaturas de 8°C y en zonas más cálidas la prueba se realiza manteniendo las semillas durante el mismo número de días a 10°C.
- ✓ **Rendimiento:** En la zona templada, los resultados experimentales y de campo han demostrado que el rendimiento promedio que puede alcanzar un híbrido en condiciones de siembra convencional y nutrición equilibrada es de 24 ton MS/ha con un rango de 18 a 32 ton MS/ha.
- ✓ **Estabilidad de las plantas:** El híbrido debe ser tolerante a plagas y enfermedades de la zona y resistente a la tendredura causada por los habituales vientos que se generan antes del momento de la cosecha. Las principales plagas que afectan a la planta en su establecimiento son *Listronotus bonariensis* (Kuschel), que corresponde al gorgojo barrenador del tallo de las ballicas. En la mazorca es habitual la presencia de *Heliothis zea* (Boddie) syn *Helicoverpa zea* (gusano del choco), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) y *R. padi* (L.) (pulgón negro). En cuanto a enfermedades, el híbrido debe ser tolerante al ataque de *Puccinia sorghi* (roya común del maíz).

- ✓ **Producción de grano:** Los híbridos de mayor calidad bromatológica presentan un índice de cosecha superior al 40%, que es la relación entre la producción de grano y el rendimiento de la planta entera en base a materia seca. En la zona templada se espera que los híbridos presenten una producción de grano húmedo de 15.000 kilos/ha, que equivalen a 12.000 kilos/ha en base a un 14,5% de humedad del grano.
- ✓ **Contenido de almidón:** Considerando que el maíz es cosechado con un contenido de materia seca entre 30 y 35%, el nivel mínimo de almidón que se espera obtener en el híbrido seleccionado es del 30%.
- ✓ **Energía metabolizable:** Una de las características de mayor importancia en el maíz para ensilaje, es la producción de energía. El contenido mínimo exigido para escoger un híbrido es de 2,8 Mcal/kg.
- ✓ **Digestibilidad y valor nutritivo:** La digestibilidad de la fibra y de la materia seca, son parámetros que determinan el valor nutritivo del maíz ensilado. Este es un parámetro que está relacionado directamente con el estado de madurez de la planta en el momento de la cosecha. Al seleccionar el híbrido se espera que este posea una digestibilidad de la fibra superior al 68%.
- ✓ **Inclusión en la dieta de los animales:** En dietas basadas en uso de pasturas, que tienen excesos de proteína, la inclusión de ensilaje de alto contenido de almidón permite una adecuada complementación (híbrido precoz). En raciones con predominio de granos y concentrados, el híbrido debe contener niveles intermedios de almidón, debido a que excesos de ensilaje de maíz pueden generar problemas de acidosis ruminal.

En la zona templada, la evolución de este cultivo estuvo determinada por la inclusión de híbridos provenientes del norte de Europa, principalmente materiales precoces (FAO < 210) de alto rendimiento y calidad (almidón). Además, se desarrolló la tecnología de cosecha y conservación, lo que permitió hacer las operaciones de forma oportuna y rápida. El producto final alcanzado con la tecnología actual ha permitido lograr niveles de rendimiento superiores a 25 ton MS/ha, con una calidad marcada por buenos niveles de materia seca y nutrientes.

Los híbridos disponibles para el cultivo de maíz para ensilaje en la zona mediterránea húmeda (Chillán – Los Ángeles) y la zona templada (Temuco – Puerto Montt) son diversos y se ubican entre el índice FAO 180 y 700.

Híbridos de maíz para ensilaje disponibles para Chillán – Los Ángeles (zona mediterránea húmeda) ordenados por compañía y precocidad (Índice FAO).

Compañía	Híbrido	Índice FAO
Anasac	DK 440	350
Anasac	DK 469	400
Anasac	Río grande	630
Cis	ExPLICIT	400
Cis	Exxupery	500
Cis	G8288	600
Cis	Maximo	650
Curimapu	LG30444	400
Curimapu	LG3490	450
Curimapu	LG3607	600
KWS	Kamparis	420
KWS	Kontigos	500
KWS	Cleopatras	600
KWS	KWS 2571	700
Pioneer	P9903	350
Pioneer	P9911	440
Pioneer	P0640	530
Pioneer	P0865	555
Pioneer	32B41	665
Pioneer	P1758	680
Sierra Nevada	Lagoon	400
Sierra Nevada	Zlatan	530
Tuniche	140	400
Tuniche	2770	600
Tuniche	Támesis	600
Tuniche	2775	700
Tuniche	Drava	700



Híbridos de maíz para ensilaje disponibles para Temuco – Puerto Montt (zona de transición de mediterránea a templada y templada húmeda) ordenados por compañía y precocidad (Índice FAO).

Compañía	Híbrido	Índice FAO
Cis	Oxxgood	180 - 200
Cis	Hubble	200 - 220
Cis	Caradexx	200 - 220
Cis	Irenox	225
Cis	Friboxx	230
Cis	Joker	230 - 240
Cis	Bombastic	240
Curimapu	Fieldstar	180
Curimapu	Assgard	190
Curimapu	LG30211	210
Curimapu	LG31211	210
Curimapu	LG30218	215 - 220
Curimapu	LG31218	215 - 220
Curimapu	Messago	220
Curimapu	LG30224	225
KWS	Autens	180
KWS	Koloris	200
KWS	Katarsis	215
KWS	Ricardinio	230
KWS	Amaroc	230
KWS	Kroissans	250
Pioneer	P7524	210
Pioneer	P7631	220
Pioneer	P7951	230
Sierra Nevada	Delphine	210
Sierra Nevada	Crossman	220
Sierra Nevada	Metronom	230
Tuniche	8080	180
Tuniche	8090	200
Tuniche	Sena	200
Tuniche	9005	220
Tuniche	Ródano	220
Tuniche	9012	230
Tuniche	9020	240
Tuniche	Tíber	240



Requerimientos del cultivo: La producción de materia seca está supeditada a la disponibilidad de agua y al cumplimiento de los requerimientos térmicos. En mediciones realizadas en las zonas de Temuco, Valdivia y Futrono, se ha determinado que por cada milímetro de agua que llega al maíz (mediante lluvia o riego) en el periodo de diciembre a marzo, se producen entre 30 y 40 kg de materia seca por hectárea.

El maíz es una planta que presenta un buen crecimiento cuando la temperatura ambiente se encuentra entre 18 y 28°C. Con temperaturas promedio entre 20 y 22°C y máximas no superiores a 30°C se logra su mejor crecimiento. En el periodo de establecimiento las bajas temperaturas (< 8°C) asociadas a escasa luminosidad afectan el desarrollo inicial de las plantas limitando la absorción de nutrientes. Esto es especialmente evidente en la zona de suelos de origen volcánico, ya que se reduce la absorción de fósforo y con ello la planta presenta un síntoma característico, esto es, coloración violácea de las hojas.



Reducción de la absorción de fósforo en las plantas por efecto de las bajas temperaturas.

Temperaturas superiores a 32°C reducen la capacidad de producción de grano, provocando el enrollamiento de los estilos (pelos de los choclos) y con ello la reducción de la polinización y fecundación. En estas condiciones, las mazorcas presentan espacios en los que no existe grano. Cada híbrido tiene un requerimiento térmico necesario para su crecimiento y desarrollo, valor que es medido en horas calóricas. En los híbridos utilizados en la zona templada el requerimiento mínimo de horas calóricas necesario para lograr un rendimiento superior a 18 ton MS/ha es de 1.800 grados día base 6°C.

La expresión del rendimiento de una planta es multifactorial, pero existen situaciones complejas al inicio del desarrollo del cultivo que se pueden mantener hasta la cosecha afectando la producción y calidad. Uno de los factores contrarios a la expresión de la producción son las heladas en los primeros estados de desarrollo de las plantas. Las heladas producen clorosis y posteriormente necrosis del tejido vegetal que se mantiene hasta la cosecha, donde las hojas afectadas presentan hongos saprofitos oportunistas como *Cladosporium* sp., *Stemphylium* sp. y *Alternaria* sp.



Efecto de la helada en plantas de maíz para ensilaje.

Una vez que se cumplen los requerimientos térmicos, el agua pasa a ser el elemento determinante en el logro de un adecuado rendimiento. Los cambios en el clima han generado eventos de sequía importantes en el área templada y esto ha obligado a los productores a implementar sistemas de riego tecnificado con el objetivo de optar en forma regular a un rendimiento adecuado para cada zona donde se establece el maíz.

Mediciones realizadas por 25 años en la zona templada han determinado que por cada milímetro de agua caída sobre el cultivo se producen entre 30 y 40 kg MS/ha de maíz para ensilaje. Esto significa que entre el periodo de siembra a la madurez fisiológica es necesario tener una precipitación (lluvia o riego) de 500 mm si se quiere lograr 20 ton MS/ha y 700 mm para una producción de 28 ton MS/ha.

Los excesos de agua que afectan a la producción del maíz, en especial, durante las primeras etapas del desarrollo de las plantas, afectan el anclaje en el suelo y en etapas avanzadas producen lixiviación de nutrientes (nitrógeno, potasio, entre otros) que generan deficiencias a veces imperceptibles en el campo pero que influyen directamente en el crecimiento y desarrollo de las plantas.



Plantas con estrés hídrico.



Plantas sin estrés hídrico.



Plantas sometidas a exceso de agua en las primeras etapas de desarrollo.

Rotación de cultivos: En la zona templada, el maíz no presenta problemas sanitarios importantes. Hay evidencia de siembras de maíz durante más de doce años consecutivos en el mismo suelo y donde el cultivo no ha presentado problemas sanitarios ni tampoco reducción de rendimiento. Sin embargo, en la mantención de este monocultivo siempre se ha aplicado un perfecto balance nutricional a través de fertilización orgánica e inorgánica, intentando mantener una alta actividad biológica y reponiendo todos los años la mayor parte de los nutrientes extraídos.



Siembra al voleo de avena post cosecha de maíz ensilaje y pastoreo controlado de la avena en invierno.

Entre cosecha y la nueva siembra existe un periodo en que los suelos no pueden quedar desnudos y expuestos a las pérdidas por erosión. En este periodo es habitual la siembra de un cultivo solo o asociado a una pastura anual que permite el uso de forraje entre los meses de mayo y agosto, alcanzando un nivel de producción de hasta 5 ton MS/ha. Sin embargo, para obtener un buen rendimiento es clave el momento de siembra que debe ser inmediatamente después de la cosecha del maíz.

Las opciones de siembra son avena sola, avena asociada a centeno o ballica de ciclo anual. Las tres alternativas deben ser sembradas al voleo o bajo sistema de cero labranza en forma temprana para pastoreo invernal de la pastura. Las siembras post cultivo permiten utilizar el efecto residual de la fertilización aplicada al maíz, sin embargo, siempre es necesario verificar los contenidos de nitritos y nitratos en las plantas previo al ingreso de los animales.

Periodo de siembra: El maíz se establece en el mes de octubre, cuando la temperatura del suelo es superior a 10°C. Temperaturas inferiores producen germinaciones y emergencias defectuosas que en algunos híbridos pueden reducir la población de plantas hasta en un 60%, ocasionando una pérdida irreversible de producción. Algunas semillas de híbridos poco tolerantes al frío germinan desarrollando sólo la radícula y no la plántula completa. Para reducir este riesgo se usan semillas con valor de *cold test* superior al 90%.

Para evitar el estrés térmico en el momento de la siembra, controlar las especies residentes y mejorar la mantención de la humedad del suelo, se utiliza un acolchado o *mulching* de polietileno biodegradable ubicado en franjas sobre la línea de siembra del maíz. Esta técnica evita el paso de la luz fotosintética, reduciendo el desarrollo de malezas y el consumo de agua. Este doble filtro actúa acumulando calor durante el día y liberándolo en la noche, lo que reduce el riesgo de bajas temperaturas y heladas (Robledo y Martín, 1988). Con esta tecnología es posible adelantar la fecha de siembra y asegurar una condición apropiada para la germinación y desarrollo de las plántulas. Además, se mejora el control inicial de malezas, se reduce la presencia de enfermedades, mejora el ciclo del nitrógeno, disminuye la evaporación e incrementa el rendimiento en hasta un 25% (Montemayor *et al.*, 2018).

Un estudio realizado en la zona templada demostró que el retraso en la época de siembra produce una reducción significativa en el rendimiento y contenido de materia seca en el momento de la cosecha de la planta entera y una disminución del contenido de almidón en el ensilaje (Parga & Torres, 1993).



Uso de acolchado o *mulching* de polietileno biodegradable ubicado en franjas sobre la línea de siembra del maíz.

Efecto de la época de siembra en la producción y porcentaje de materia seca del maíz para ensilaje.

Fecha de siembra	MS planta entera (%)	Producción (ton MS/ha)	Reducción rendimiento (%)
10 a 20 de octubre	27,01	17,40	0
21 a 31 de octubre	27,37	16,25	7
1 a 11 de noviembre	25,22	15,35	12
12 a 22 de noviembre	24,08	14,35	18
22 de noviembre en adelante	21,57	13,71	21

Fuente: adaptado de Klein *et al.*, 1990.



Previo al establecimiento del maíz la extracción de piedras, nivelación y elaboración de badenes son labores que permiten desarrollar una adecuada siembra.

Sistema de siembra: La forma más utilizada en la siembra es la labranza convencional, donde se incluye la incorporación de rastrojos y enmiendas orgánicas. Además, en esta labranza se aplica el paso del arado subsolador con el objetivo de reducir la compactación de los suelos provocada por el excesivo paso de maquinaria en las labores de siembra y cosecha. También es posible sembrar maíz en sistema de mínima labor y cero labranza.



Siembra cero labranza de maíz para ensilaje.

La incorporación de rastrojos y el uso de enmiendas orgánicas (guanos) permiten mejorar la estabilidad de los agregados del suelo y mejorar su estructura. Además, produce un ambiente edáfico caracterizado por la presencia de macro poros que permite un mayor intercambio de aire, movimiento de agua y exploración radical (Ellies *et al.*, 1991; Ellies, 1994). También esta incorporación aminora los procesos de erosión característicos de los suelos de la zona templada en los que este riesgo es alto como consecuencia de las condiciones climáticas y geomorfológicas (Honorato, 2000). Estos beneficios son mayores cuando se usa el paso de arado subsolador que rompe y resquebraja el perfil en profundidad, en especial cuando esta labor se realiza con el suelo seco (Faiguenbaum, 2017).

La descompactación del suelo es una labor que permite al sistema radical su expansión en el perfil del suelo, tanto de forma lateral como en profundidad. La exploración en profundidad deriva en un incremento en la absorción de nutrientes y en una mayor eficiencia en el uso del agua, lo que conlleva una mayor producción. Los síntomas de la compactación suelen pasar inadvertidos dado que se confunden con deficiencias de nutrientes, pero la observación de las raíces puede aclarar la real causa. Una manifestación evidente de compactación se puede observar entre el periodo de floración y la formación de grano, donde las plantas presentan una característica amarillez que avanza desde las hojas basales hasta las hojas ubicadas en torno a la mazorca (Faiguenbaum, 2017).



Paso de arado subsolador que permite la descompactación del suelo y la exploración radical del maíz en el suelo.



Incorporación de rastrojos, aplicación de enmienda calcárea, preparación de cama de semilla y paso de rodón son labores que permiten un buen establecimiento del maíz.

Densidad de siembra: El establecimiento se realiza en línea con máquinas de precisión a distancia definitiva. La dosis fluctúa entre 100.000 y 105.000 semillas/ha con el objetivo de lograr una densidad de 10 plantas/m². El exceso de plantas produce mazorcas pequeñas y tallos débiles, lo que retrasa la madurez del grano e incrementa la susceptibilidad a la tenedura (Parodi & Altamirano, 1995). Poblaciones inferiores a 100.000 plantas/ha favorecen el proceso de maduración del grano y aumentan el diámetro de los tallos y las mazorcas, pero reducen la producción de forraje.

Número de semillas de maíz por kilo y kilos de semilla/ha equivalente a una siembra de 100.000 semillas/ha.

Híbridos	N° semillas/kg	kg de semilla/ha
Katarsis	4.542	22,0
Corfelixx	4.487	22,3
LG 30224	4.475	22,3
Falkone	4.169	24,0
P7631	3.953	25,3
Crossman	3.746	26,7
Caradexx	3.709	27,0
Kroissans	3.613	27,7
P7951	3.609	27,7
Asgaard	3.497	28,6
Juliett	3.416	29,3
Amazing	3.410	29,3
LG 31211	3.188	31,4
LG 31235	3.180	31,4
Messago	3.176	31,5
Oxxford	3.162	31,6
Watson	3.160	31,6
Metronom	3.082	32,5
Hubble	2.991	33,4
Ricardinio	2.778	36,0
Promedio	3.596	28,3

Fuente: Laboratorio de Praderas y Pasturas. Universidad de La Frontera

Para lograr una emergencia de plántulas superior al 95%, las semillas se deben tratar con un insecticida controlador de *Listronotus bonariensis* (Kuschel) y un fungicida que reduzca la incidencia de enfermedades provocadas por *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., *Alternaria alternata* sp., *Cladosporium* sp. y *Fusarium* sp. En el mercado existen diferentes opciones que permiten una buena protección del cultivo en los primeros estados de desarrollo.

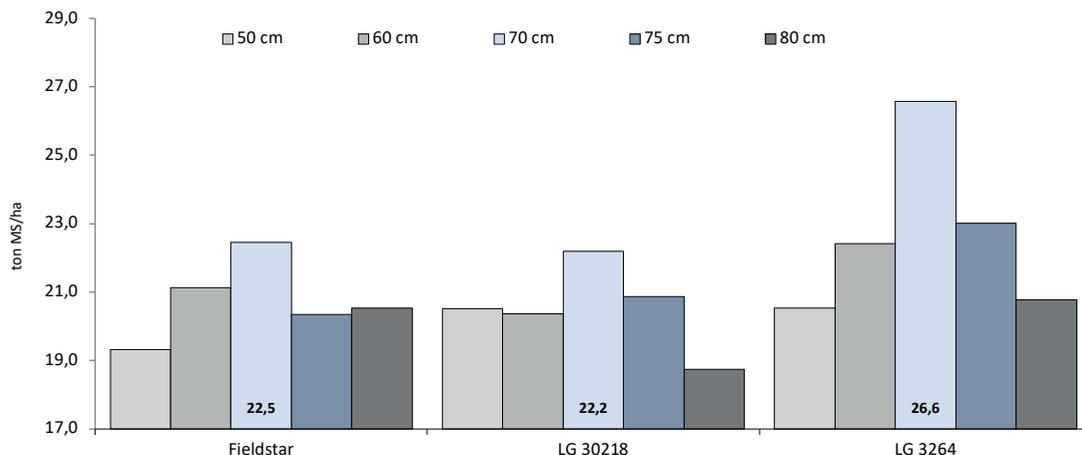


Profundidad de Siembra: La profundidad de siembra depende del calibre de la semilla, la calidad de la preparación del suelo y el sistema de riego. El rango de profundidad a la cual se localiza la semilla es entre tres y cinco centímetros. Semillas de calibre pequeño se establecen a menor profundidad que aquellas de mayor calibre, y en sistemas de riego tecnificado (carrete o pivote), la semilla se localiza entre tres y cuatro centímetros. La sembradora, además de ubicar la semilla, ubica el fertilizante cinco centímetros al costado de la hilera de siembra y un centímetro bajo la profundidad de la semilla. Esta localización del fertilizante produce una rápida absorción de los nutrientes una vez desarrollado el sistema radical (Aldrich & Leng, 1974).



La siembra con máquina de precisión debe ser regulada para que el fertilizante quede a una distancia de 5 cm al lado y 1 cm bajo la semilla.

Distancia entre hilera: La siembra se realiza con máquinas de precisión que permiten localizar las semillas en el surco de siembra a distancia definitiva. Existen diversas opciones de distancia entre hileras, donde las más utilizadas son: 50, 70 y 75 cm. Para los híbridos sembrados en la zona templada, la distancia entre hilera es de 70 centímetros, que a dosis de 100.000 semillas/ha produce una distancia sobre hilera de 13 centímetros, esto es, 7 semillas por metro lineal.



Efecto de la distancia entre hilera en el rendimiento de tres híbridos de maíz para ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temporada 2013/2014.

Fertilización: La estrategia de fertilización está definida por la extracción de nutrientes del cultivo y el contenido de nutrientes del suelo. En el momento de la siembra, la mezcla de fertilizantes se incorpora con la máquina de precisión. La fertilización nitrogenada (220 a 260 kg N/ha), se aplica en forma secuencial: 35% pre-siembra incorporado, 30% en el momento de la siembra y 35% en la aporca o cuando las plantas tienen entre tres y cuatro hojas expandidas. En sistemas de riego tecnificado (pivote), la fertilización post emergente se realiza a través del agua, utilizando para ello urea disuelta en los estanques de fertirrigación o mezclas completas de fertilizantes líquidos (Demagnet, 2019).



La aplicación del nitrógeno se realiza al momento de la aporca incorporando el nitrógeno en el centro de la entre hilera o sobre el suelo con implementos aporcadores. Es necesario el uso de ruedas de trocha angosta para evitar pérdidas por aplastamiento de plantas.

La corrección de la acidez del suelo y la neutralización es una práctica ineludible que se realiza aplicando dosis controladas de enmienda calcárea. Esta práctica agronómica, además, permite la mejora indirecta de la estructura del suelo debido a que la corrección de las condiciones de acidez produce un incremento de la actividad biológica, creando condiciones para mejorar la porosidad y estructura del suelo. Dosis altas de enmienda calcárea (> 2 ton/ha) producen una fuerte agregación superficial que permite la rápida infiltración de agua en el perfil y reduce la evaporación desde los estratos profundos, actuando como barrera de evaporación del suelo a la atmosfera (Ellies, 1994).

La aplicación de enmiendas orgánicas es una práctica frecuente en las siembras de la zona templada. Mediciones realizadas en dos localidades (Temuco y Futrono) durante dos temporadas, demostraron que la sustitución parcial de la fertilización inorgánica por estabilizado de pavo y bioestabilizado de cerdo produce un incremento en el rendimiento, modifica los parámetros de calidad y aumenta el nivel de nutrientes del suelo, en especial, nitrógeno, fósforo, potasio, sodio, magnesio y boro.

Porcentaje de materia seca y producción (ton MS/ha) de maíz para ensilaje fertilizado con diferentes dosis de bioestabilizado de cerdo y estabilizado de pavo. Futrono. Temporada 2018/2019. Convenio Universidad de La Frontera – Plan Lechero Watt’s – Empresas Pucalan.

Tratamientos	Guano	Mezcla ¹	Urea	KCL	MS Planta entera	Producción	Incremento
	kg/ha				%	ton MS/ha	%
Testigo	0	800	400	0	30,2 abc	20,68. c	100
Estabilizado pavo	2.000	700	400	50	32,1 a	23,92 ab	116
Estabilizado pavo	4.000	600	350	0	28 bc	21,7 bc	105
Estabilizado pavo	6.000	400	300	0	27,6 c	24,42 a	118
Bioestabilizado cerdo	2.000	700	400	100	29,1 abc	21 c	102
Bioestabilizado cerdo	4.000	500	400	100	31,6 ab	22 bc	106
Bioestabilizado cerdo	6.000	200	350	100	26,9 c	21,43 c	104
Promedio					29,4	22,16	107

Medias que no comparten una letra en común son diferentes según Prueba de Tukey (p> 0,05).

1: Mezcla compuesta por 6% nitrógeno, 32% fósforo, 12% potasio, 5% magnesio, 6% azufre, 0,2% boro y 0,2% zinc.

Parámetros de calidad en maíz para ensilaje fertilizado con diferentes dosis de bioestabilizado de cerdo y estabilizado de pavo. Futrono. Temporada 2018/2019. Convenio Universidad de La Frontera – Plan Lechero Watt’s – Empresas Pucalan.

Tratamientos	Unidad	Testigo	Estabilizado de pavo			Bioestabilizado de cerdo		
Mezcla fertilizante ¹	kg/ha	800	700	600	400	700	500	200
Urea	kg/ha	400	400	350	300	400	400	350
Cloruro de potasio	kg/ha	0	50	0	0	100	100	100
Bioestabilizado de cerdo	kg/ha	0	0	0	0	2.000	4.000	6.000
Estabilizado de pavo	kg/ha	0	2.000	4.000	6.000	0	0	0
Materia seca	%	30,2	32,1	28	27,6	29,1	31,6	26,9
Proteína cruda	%	7,8	7,5	8,3	8,2	8,1	7,7	7,8
FDA	%	22,1	22,2	26,8	24,6	22,4	22,1	26,6
FDN	%	40,5	38,3	45	40,6	39	39	45
Digestibilidad FDN 30 h	%	67,8	62,7	55,4	57,5	62,7	64,5	58,2
Almidón	%	32,4	35,2	26,4	32,2	34,1	34,6	28,1
Cenizas	%	4,68	4,97	6,27	5,87	4,75	4,01	5,55
Total, nutrientes digestibles	%	72,8	72,7	67,6	70,7	72,9	73,2	68,8
Energía digestible	Mcal/kg	3,21	3,23	3,03	3,21	2,98	3,12	3,21
Energía metabolizable	Mcal/kg	2,64	2,65	2,49	2,63	2,44	2,56	2,63

1: Mezcla compuesta por 6% nitrógeno, 32% fósforo, 12% potasio, 5% magnesio, 6% azufre, 0,2% boro y 0,2% zinc.



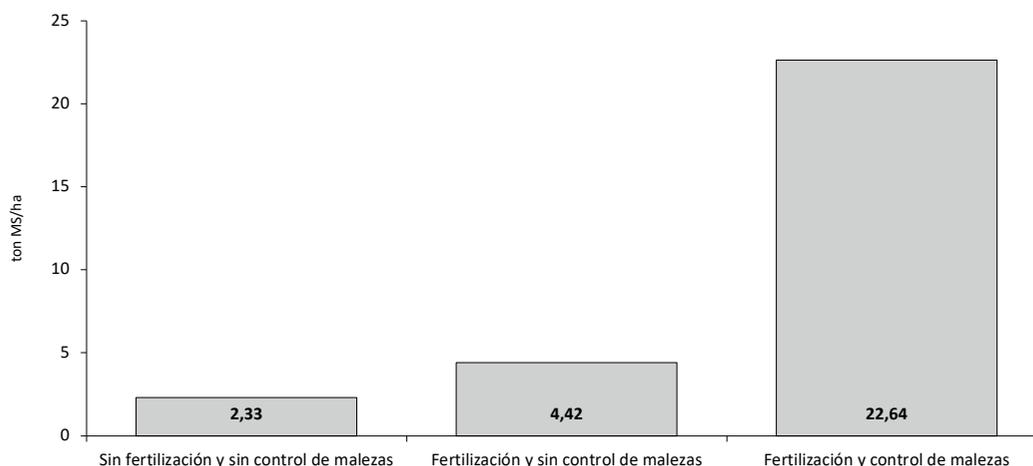
Aplicación e incorporación del guano a granel y prensado previo a la siembra de maíz para ensilaje.

En el comercio mundial existen diversos productos biológicos que tienen como objetivo promover la actividad biológica del suelo y mejorar el ambiente edáfico. La medición del efecto de un polipéptido de bajo peso molecular enriquecido con aminoácidos, ácidos fúlvicos, carbohidratos, lípidos, nitrógeno, fósforo, potasio, zinc, hierro, manganeso, calcio y magnesio, de nombre comercial Bioamino L, demostró que este compuesto puede incrementar el rendimiento del maíz para ensilaje sin modificar los parámetros de calidad.

Efecto de la aplicación de Bioamino L con las semillas en pre siembra sobre el rendimiento y calidad de maíz para ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Promedio de dos temporadas 2017/18 y 2018/19.

Parámetros	Testigo	Bioamino-L (40 L/ha)
Materia seca planta entera (%)	35,2	37,1
Rendimiento (ton materia verde/ha)	68,7	72,5
Rendimiento (ton materia seca/ha)	24,1	26,9
Aporte de la mazorca (%)	61,5	58,9
Proteína cruda (%)	7,5	8,1
Proteína soluble (%)	19,9	19,3
Total, nutrientes digestibles (%)	77,9	78,0
Energía digestible (Mcal/kg)	3,44	3,47
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2,79	2,83
FDA (%)	18,1	18,9
FDN (%)	29,3	31,6
Digestibilidad de la FDN (%)	63,9	64,2
Almidón (%)	44,5	44,6
Extracto etéreo (%)	3,35	3,46
Cenizas (%)	3,70	3,83

Control de malezas: El efecto que genera la competencia de las especies residentes o acompañantes en la producción y calidad del maíz es mayor al esperado que en otras especies. Mediciones realizadas en la localidad de Futrono, demostraron que sin control de malezas en post emergencia el rendimiento del maíz para ensilaje se reduce entre el 52 y 65%. Además, la presencia de un tapiz vegetal abundante entre hileras aumenta el efecto de las heladas, comprometiendo la viabilidad de las plantas.



Efecto de la fertilización y el control de malezas en el rendimiento de maíz para ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temporada 2019/2020.

El control de las especies indeseables en el cultivo se puede realizar de forma mecánica o química. El paso de aporcadores en las primeras etapas del cultivo permite reducir la presencia de malezas entre hileras, pero no en la línea de siembra. Esto obliga a realizar un control químico con herbicidas de pre y post emergencia. Existen diversas opciones y fórmulas en el mercado que deben ser utilizadas según el tipo y la densidad de malezas presentes en el cultivo.



La ocurrencia de heladas afecta con mayor severidad a los maíces con deficiente control de malezas.

Entre las opciones de preemergencia (inmediatamente después del paso de la sembradora), se encuentra la aplicación de 130 g de Heat WG (*Saflufenacil*) + 1,5 L de Frontier P (*Dimethenamid*)/ha en 200 L de agua. Otra alternativa para sectores con exceso de sanguinaria (*Polygonum aviculare* L.) es la aspersion de la mezcla de 0,8 L de Dinamic 70 WG (*Amicarbazona*) + 3 L de Tiger 700 EC (*Acetocloro + Diclormid*)/ha en 200 litros de agua.

El control químico posterior a la emergencia de las plantas se hace con herbicidas controladores de especies de hoja ancha y gramíneas: 150 g Arrat (*Tritosulfurón + Dicamba*) + 30 g Accent (*Nicosulfuron*) + 250 cc Dash HC/ha en 200 L agua/ha. Ante la presencia abundante de malezas como hualcacho (*Echinochloa colona* (L.) Link), pasto de la perdiz (*Panicum capillare* L.), maicillo (*Sorghum halepense* (L.) Pers.), pata de gallina (*Digitaria sanguinalis* (L.) Scop.) y especies de hoja ancha, otra alternativa es la mezcla de 150 g Arrat (*Tritosulfurón + Dicamba*) + 250 g Soberan 420 SC (*Tembotriona*) + 250 cc Dash HC/ha en 200 litros de agua.

Hay tres malezas complejas de controlar en este cultivo: chufa (*Cyperus rotundus* L.), sanguinaria (*Polygonum aviculare* L.) y pasto quila (*Elytrigia repens* (L.) Nevski). El control se inicia con la incorporación profunda de herbicidas de pre siembra junto a la doble aplicación de barbecho químico distanciado al menos 60 días. Para el control de la chufa es posible incorporar en pre siembra 3 L Dual Gold 960 EC/ha con paso de rastra cruzada profunda (>15 cm). Las aplicaciones de post emergencia con los herbicidas como Basagran, Semptra o Option Pro, tienen un efecto supresor inferior al 70%.



El control de malezas es el factor que más influye en el rendimiento y calidad del maíz para ensilaje.

Crecimiento y desarrollo: El concepto de crecimiento en los vegetales se refiere al aumento de tamaño de las plantas o parte de ellas. El desarrollo corresponde a la progresión de la planta desde los estados vegetativos a reproductivos y está condicionado por la temperatura y la luminosidad. El avance del desarrollo de las plantas de maíz se clasifica de acuerdo con los estados fenológicos. Se distinguen estados de desarrollo vegetativos y reproductivos.

Estados de desarrollo de plantas de maíz.

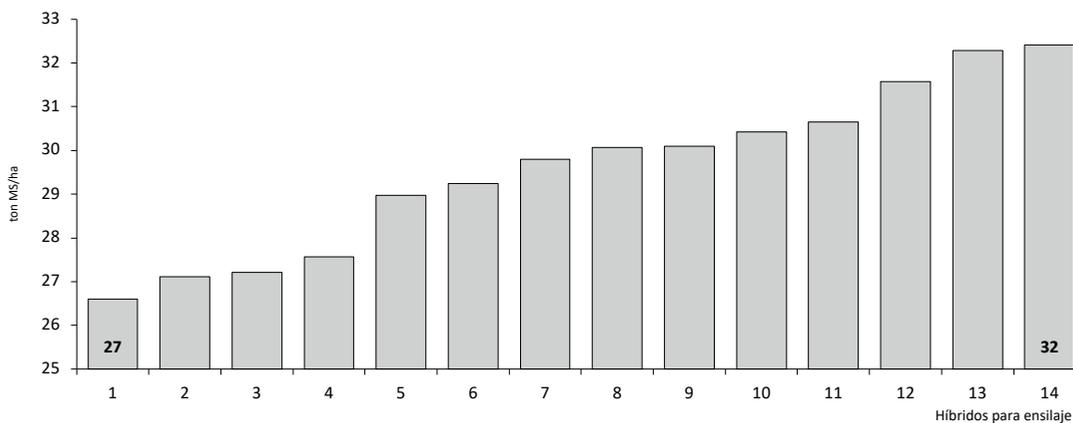
Estado de desarrollo	Nomenclatura	Identificación
Vegetativo	VE	Emergencia
Vegetativo	V1	Primera hoja
Vegetativo	V2	Segunda hoja
Vegetativo	V3	Tercera hoja
Vegetativo	V6	Seis hojas
Vegetativo	V9	Nueve hojas
Vegetativo	V12	Doce hojas
Vegetativo	V15	Quince hojas
Vegetativo	V18	Hoja 18 formada
Vegetativo	VT	Panoja
Reproductivo	R1	Emergencia de estigmas
Reproductivo	R2	Ampolla (granos)
Reproductivo	R3	Grano lechoso
Reproductivo	R4	Grano pastoso
Reproductivo	R5	Grano dentado
Reproductivo	R6	Madurez fisiológica

Fuente: adaptado de Faiguenbaum, 2017.

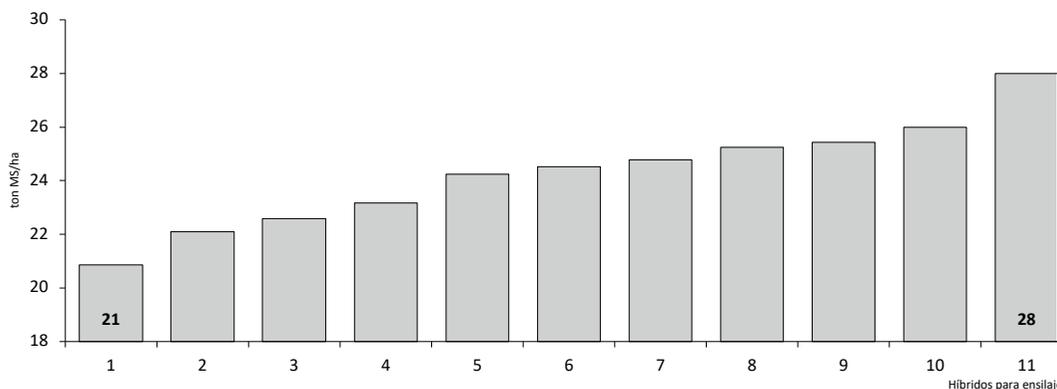


Producción

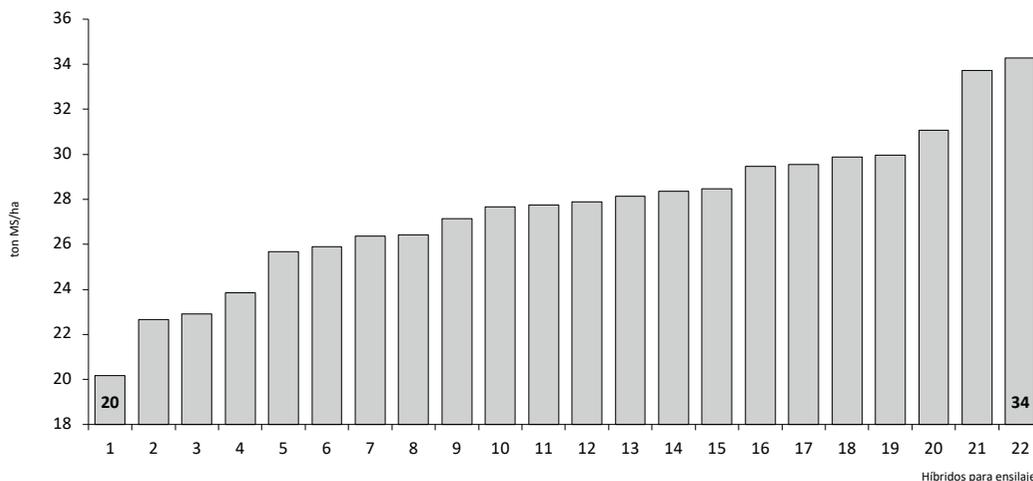
La evaluación del comportamiento productivo de híbridos de maíz para ensilaje ha sido un trabajo permanente que se ha realizado en la Universidad de La Frontera, en las localidades de Los Ángeles, Temuco y Futrono. Los resultados de esta investigación han demostrado que el maíz tiene la capacidad de producir entre 16 y 34 ton MS/ha, con una mediana de 23,17 ton MS/ha.



Producción de materia seca de 14 híbridos de maíz para ensilaje. Predio San Luis. Los Ángeles. Temporada 2019/2020.



Producción de materia seca de 11 híbridos de maíz para ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2018/2019.

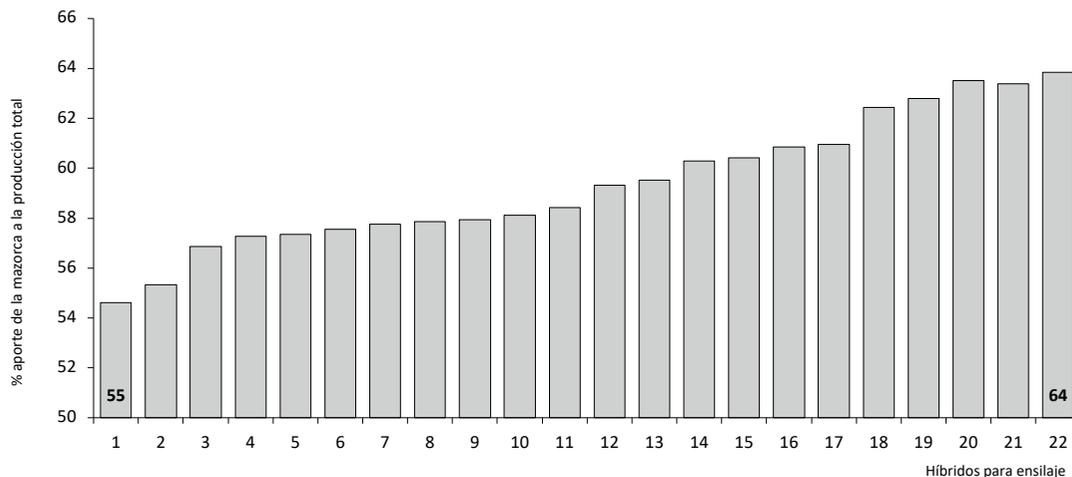


Producción de materia seca de 22 híbridos de maíz para ensilaje. Predio Pozo Brujo. Futrono. Temporada 2019/2020.



Evaluación de híbridos de maíz en la localidad de Futrono.

Relación Mazorca – Planta entera: Con el objetivo de alcanzar valores mayores de energía, el mejoramiento genético de esta especie ha dado importancia al incremento de la proporción de mazorca, principalmente aporte de grano, que poseen las plantas en relación con la producción de la planta entera. En evaluaciones realizadas en el último año, los híbridos mostraron niveles que fluctuaron entre 51 y 63% de aporte de la mazorca a la producción total de la planta entera. Estos valores son muy superiores a los que tenían los híbridos utilizados a inicios de la década del noventa en el siglo pasado, donde no superaban el 50% de aporte y los valores se ubicaban entre 42 y 48%. Esta evolución es muy significativa dado que el grano es el más importante aportador de calidad del maíz para ensilaje.

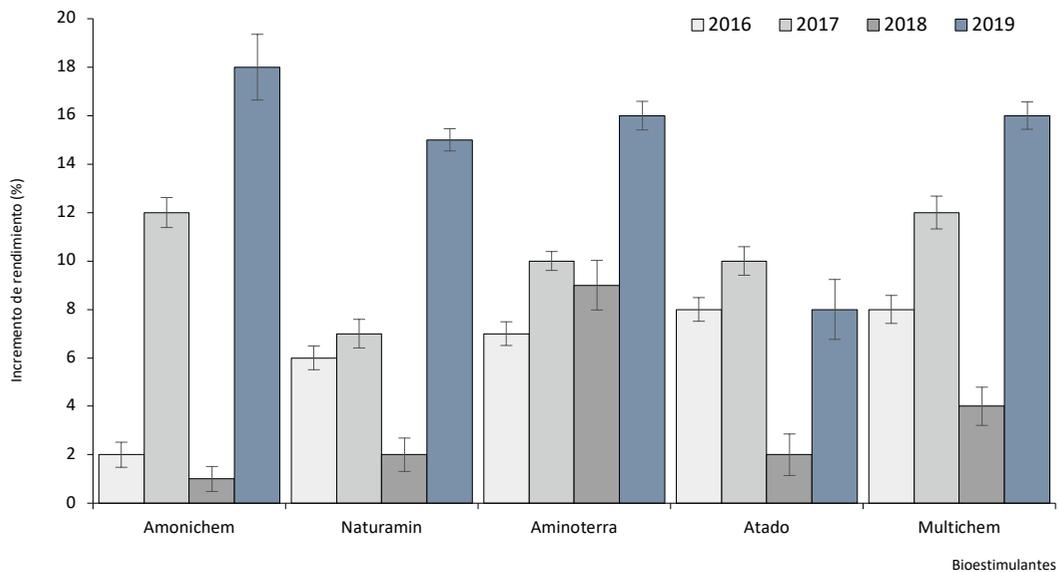


Aporte de la mazorca a la producción de la planta entera de 22 híbridos de maíz para ensilaje. Predio Pozo Brujo. Futrono. Temporada 2019/2020.



El aporte de la mazorca a la producción total de materia seca del maíz para ensilaje tiene que alcanzar valores superiores a 50%.

Protección y bioestimulantes: La aplicación de bioestimulantes y protectores de plantas es una práctica que se ha incorporado al programa de siembra y producción de maíz para ensilaje. Los riesgos de pérdida de rendimiento provocados por estrés de temperatura e hídrico, han conducido al uso de productos que tienen como base aminoácidos orgánicos y sintéticos quelados.



Incremento de rendimiento porcentual respecto al testigo de la aplicación de bioestimulantes foliares en maíz para ensilaje. Estación experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Periodo 2016 – 2019.

En este contexto, en la Universidad de La Frontera se han estudiado diversos productos, dosis y épocas de aplicación con el objetivo de proteger del estrés al maíz. Los resultados demostraron que las aplicaciones, cuando la planta tiene entre cuatro y seis hojas, produjeron un incremento de rendimiento superior a 18% respecto al testigo sin aplicación en años con déficit hídrico o estrés de frío. En años con temperaturas cálidas en primavera y agua suficiente en verano, esta respuesta se redujo a menos del 2%.

Ensilaje

El principal objetivo del cultivo del maíz es la elaboración de ensilaje. A diferencia de las praderas y pasturas que presentan el mayor valor nutritivo en estados vegetativos, en el maíz la calidad aumenta con el avance de la madurez. El incremento del contenido de materia seca y madurez del grano, producen una disminución relativa de la fibra y un aumento en el contenido de almidón. La consecuencia es un incremento de la digestibilidad y de la energía metabolizable (Stehr, 1987).

El comienzo del periodo de cosecha está marcado por el contenido de materia seca de la planta entera. El inicio de la cosecha no debe ser antes de que las plantas presenten como mínimo un 30% de materia seca, que coincide con la presencia de un 50% de línea de leche en el grano. Sin embargo, el momento óptimo es cuando la planta completa presenta entre un 33 y 35% de materia seca y el grano esta endurecido en sus tres cuartas partes. Este estado se presenta en un corto periodo, por tanto, es necesario sembrar híbridos con diferente precocidad para sostener en el tiempo una calidad similar.



El momento óptimo de cosecha del maíz, es cuando el grano se encuentra 3/4 parte duro, con un porcentaje de materia seca de la planta entera de 33 a 35%.

El momento de la cosecha determina el nivel de rendimiento y la calidad del forraje conservado. En cosechas tempranas, es decir, cuando las plantas tienen un contenido de materia seca inferior al 28%, se producen los siguientes efectos:

- ✓ Reducción del rendimiento
- ✓ Reducción del contenido de almidón y energía metabolizable
- ✓ Aumento de problemas de fermentación en el ensilaje
- ✓ Aumento de pérdidas por presencia de hongos en la cara expuesta y bordes del ensilaje
- ✓ Incremento de las pérdidas por efluentes en el silo
- ✓ Reducción del consumo de materia seca en los animales
- ✓ Disminución de la palatabilidad generada por el mal olor del ensilaje

En cosechas tardías cuando las plantas tienen un contenido de materia seca superior al 36% el resultado es el siguiente:

- ✓ Cosecha de un material seco de difícil compactación en el silo
- ✓ Se requiere reducir el tamaño de picado para lograr una mejor compactación
- ✓ Incremento de pérdidas de forraje en el campo
- ✓ Reducción de la estabilidad en el ensilaje
- ✓ Baja digestibilidad y palatabilidad del ensilaje

Estado de madurez del grano, porcentaje de materia seca y momento óptimo para la cosecha del maíz para ensilaje.

Madurez del grano		MS planta entera	Momento de elaborar ensilaje
Lechoso		<20	x
Semi pastoso		20 - 2	x
Pastoso		29 - 3	√
Maduro		33 - 3	√√
Madurez completa		36 - 45	√

x : No elaborar ensilaje √ : Inicio elaboración de ensilaje √√√ :Momento óptimo de cosecha √:Maíz sobre maduro



Estado de cosecha temprana.



Estado de cosecha tardío.

Máquina cosechadora: El ensilaje de maíz se hace con máquinas que tienen cabezal rotativo, triturador de grano, aplicador de aditivos y velocidad acorde con el traslado, descarga y compactado del forraje. Hay dos factores determinantes en la calidad, que son, el tamaño de picado y la trituración de los granos (corn cracking). En dietas que requieren fibra larga, el tamaño de picado se hace entre 20 y 25 mm y en aquellas que no tienen ese requerimiento, el tamaño del corte se regula entre 15 y 20 mm.



Cosecha de maíz para ensilaje.

La trituración de los granos es un proceso mecánico que mejora el ensilaje y la digestibilidad del almidón mediante la exposición del grano de maíz a las bacterias del rumen. La tecnología *shredlage*, considera ambos aspectos. Este método de ruptura fue desarrollado por los nutricionistas americanos Roger Olsen y Ross Dale, quienes reconocieron la necesidad de crear un proceso de ensilaje más eficiente y adecuado para las dietas con alta proporción de forrajes. El implemento que se añade a las cosechadoras de forraje incorpora dos rodillos que tienen entre 110 y 140 estrías en ranuras espacialmente opuestas y un diferencial de velocidad del 50%. Los cilindros tienen el objetivo de producir una longitud de fibra de entre 26 y 30 mm y los rodillos romper los granos a una octava parte del tamaño normal. La fibra larga que se corta se rasga y parte de la corteza se elimina. Con este proceso se logra una mejora significativa de la digestibilidad del almidón y la fibra al exponer las células internas de los granos, tallos y hojas a la actividad microbiana del rumen (Vanderwerff *et al.*, 2014).

Hay una relación entre el contenido de materia seca, la longitud del corte, la compactación y la pérdida de efluentes. En maíces que tienen contenidos de materia seca superiores al 38% no tienen pérdidas de efluentes en el silo y para lograr una adecuada compactación el picado se hace de una longitud entre 8 y 15 mm. Con niveles de materia seca inferiores al 30%, la longitud de corte se hace entre 20 y 25 mm, con el objetivo de evitar las pérdidas por efluentes en el silo.

Altura de residuo: Dependiendo de la estrategia que tenga el ensilaje en la dieta de los animales, así se establece la altura de residuo. Elevar la altura de corte permite aumentar la eficiencia del trabajo, reducir el desgaste de las máquinas cosechadoras y maximizar la producción individual de los animales a través del aumento de la concentración de nutrientes y la digestibilidad de la fibra. Mediciones realizadas por la Universidad de La Frontera en distintas localidades de la zona templada demostraron que el aumento de la altura de residuo de 20 a 40 cm redujo en un 10% la producción y aumentó en un 4% la digestibilidad de la fibra.



Residuo post cosecha de maíz para ensilaje.

Aditivos: La aplicación de aditivos biológicos a los ensilajes acelera el proceso de fermentación anaeróbica mediante el incremento de la concentración de las bacterias ácido lácticas en la masa ensilada. Además, reduce las pérdidas producidas por el impacto aeróbico, que tiene lugar cuando se produce la apertura del silo. Esta doble acción sólo se logra con aditivos que tienen en su formulación las bacterias *Lactobacillus plantarum* y *Lactobacillus buchneri*.

Lactobacillus plantarum es una bacteria homofermentativa que reduce el pH a través de la producción de ácido láctico. *Lactobacillus buchneri*, en cambio, es heterofermentativa y su actividad en el ensilaje produce un aumento de la estabilidad aeróbica e inhibición del crecimiento y desarrollo de hongos y levaduras mediante la producción de ácido láctico, ácido acético, etanol y dióxido de carbono.

Compactación: La elaboración de ensilaje involucra la cosecha de un forraje fresco de pH neutro que debe ser conservado en condiciones anaeróbicas a pH ácido. La acidificación se logra por la producción de ácidos orgánicos generados por la fermentación y las bacterias que producen ácido láctico en los materiales ensilados, son anaerobias facultativas que pueden crecer en condiciones aeróbicas y anaeróbica, pero la producción de ácido láctico es más eficiente en condiciones anaeróbicas. La producción de ácido láctico genera reducción del pH, condición que permite disminuir la pérdida de nutrientes y la presencia de bacterias como clostridios.

El oxígeno es el enemigo número uno de los ensilajes ya que no permite el desarrollo de la fermentación anaeróbica, reduce la opción de conservación del forraje e incrementa las pérdidas por deterioro aeróbico.



La compactación permite la extracción del aire y la obtención de un ambiente anaeróbico en el ensilaje.

El proceso de recolección de forraje fresco y la ubicación en las estructuras de almacenamiento tiende a oxigenar el volumen a ensilar. La eliminación y desplazamiento del oxígeno es una labor crítica que debe ser desarrollada en forma rápida y eficiente. La baja densidad de ensilaje disminuye la velocidad de reducción de pH e incrementa la probabilidad de presencia de hongos y levaduras al momento de la apertura de los silos, es por esta razón que el objetivo de la compactación es eliminar la máxima cantidad de aire con el mayor peso y fuerza posible para proporcionar el mejor entorno y rápida fermentación, donde la capa de compactación debe ser de una altura inferior a 10 centímetros.

En la compactación se busca lograr una densidad superior a 250 kg MS/m³. La mala compactación genera importantes pérdidas en la parte superior de los ensilajes donde un factor determinante en el logro de un buen compactado del ensilaje, es el tamaño de picado del forraje.

Sellado: La etapa final del proceso de elaboración del ensilaje es el sellado. Es considerado un momento crítico ya que corresponde al proceso con el cual se impide el paso de oxígeno a la masa ensilada. Antes de poner una doble capa de plástico en la superficie superior del silo, se rocía ácido propiónico para evitar la proliferación de microorganismos, reducir la formación de micotoxinas y disminuir las pérdidas de nutrientes.



Independiente del tipo de plástico utilizado en el sellado del ensilaje, el ingreso de aire puede ocasionar importantes pérdidas en la capa superior.

Tiempo entre el sellado y la apertura del silo: El tiempo mínimo entre el sellado de un ensilaje de maíz y su apertura es de 60 días y está relacionado con la digestibilidad de la materia seca y del almidón.

El almidón es un compuesto nutricional definido químicamente como un carbohidrato o azúcar complejo que sirve como reserva energética de las plantas. Está formado por subunidades más simples denominadas amilosa y amilopectina, que a su vez son cadenas simples de glucosa (monosacárido). Proporciona a las dietas de los animales una gran cantidad de energía de fácil digestión. La matriz de almidón y proteínas en el maíz es un impedimento fisicoquímico para la digestión del almidón en rumiantes (Owens *et al.*, 1986). En el maíz, las zeínas hidrófobas son proteínas primarias en la matriz del almidón y comprenden entre el 50 y 60% de las proteínas totales (Hamaker *et al.*, 1995).

Las zeínas se han clasificado como prolaminas y se localizan principalmente en la superficie exterior de los gránulos de almidón. Su desarrollo produce el encapsulamiento de este carbohidrato (Mu-Forster & Wasserman, 1998). En los ensilajes, la proteólisis producida por la fermentación degrada las proteínas (Baron *et al.*, 1986) y permite el acceso a los gránulos de almidón de los microorganismos del rumen, una vez que el animal consume el ensilaje (Jurjanz & Monteils, 2005). Este proceso se produce de forma escalonada y a partir de los 60 días, en que la matriz proteica se degrada, se libera parte del almidón, mejorando su disponibilidad y digestibilidad (Hoffman *et al.*, 2011).

La apertura temprana de los ensilajes de maíz reduce las posibilidades de aprovechar de forma eficiente los nutrientes, en especial el almidón. En el proceso fermentativo, el ácido láctico alcanza su máximo nivel a los cuatro meses después de realizado el ensilaje y la digestibilidad de la materia seca, FDN y almidón aumenta gradualmente hasta los seis meses.



El momento de apertura del ensilaje está relacionado con la exposición del almidón del maíz en el rumen del animal.

Ensilaje en bolo

Para realizar el ensilaje en bolos perfectamente prensados y envueltos se utiliza la prensadora y envolvedora de alta densidad que permite una compresión elevada y una rápida exclusión del aire. Con este tipo de maquinaria se logra la máxima eficiencia de ensilado de diversos productos entre los cuales está el maíz.

El proceso se inicia con la cosecha y traslado del maíz a la máquina estacionaria, donde se deposita el material a ensilar en una bandeja de descarga y alimentador de alta capacidad. El movimiento del forraje se realiza a través de cadenas y la dosificación se regula de acuerdo con el volumen del material que se está ensilando. La distribución se asegura a través de rodillos de perfil continuo.

La cámara de rodillos, que da estructura al bolo, está envuelta por una cinta sinfín continua que reduce las pérdidas por fragmentación al mínimo y asegura la compactación y alta densidad de prensado. Además, la tensión de las cintas se regula en forma hidráulica lo que permite la construcción del bolo y expulsión correcta de la cámara. Este tipo de máquinas permite la elaboración de bolos de diferentes tamaños (0,6 a 1,15 m de diámetro), lo que le otorga una gran versatilidad al sistema de almacenaje de ensilaje.



El proceso finaliza con el sellado del bolo que se realiza en la mesa envolvente ubicada bajo la prensa, cuyo doble brazo envolvente permite el desplazamiento de dos unidades de pre estirado.

Dependiendo del diámetro y el porcentaje de materia seca de maíz ensilado es el peso de los bolos. Con diámetro de 1,15 m y porcentaje de materia seca entre los 35 y 38% el peso del bolo debe ubicarse entre los 800 y 850 kg equivalente a 240 a 300 kg MS/bolo.



Cosecha y descarga del material que será prensado y empacado.



Proceso de sellado y medición del peso de cada bolo de ensilaje de maíz.

Calidad Nutricional

La calidad de un ensilaje de maíz depende de la eficiencia del proceso de elaboración y la composición nutricional de las plantas. En el proceso, los factores más importantes son el sistema de cosecha, tamaño de picado, uso de aditivos, compactación y sellado. En la composición nutricional de las plantas, influyen la nutrición del cultivo, características del híbrido y el estado fenológico que se encuentran las plantas al momento de la cosecha, que es un indicador del contenido de materia seca, carbohidratos solubles, capacidad buffer entre otros. Respecto al proceso de elaboración de ensilaje, las actividades que se desarrollan tienen por objetivo reducir las pérdidas ocasionadas por la respiración celular, actividades proteolíticas de enzimas y desarrollo de microorganismos aeróbicos.

En los análisis bromatológicos de los ensilajes, se presentan diversos parámetros que indican su valor nutritivo. En este acápite presentamos los indicadores de mayor relevancia que se deben considerar al momento de evaluar la calidad nutricional de un ensilaje de maíz.

Parámetros de calidad en ensilajes de maíz.

Parámetro	Nivel esperado en el Ensilaje
Materia seca (%)	33 - 35
pH	4,0 - 4,2
N amoniacal (%)	< 5
FDN (%)	35 - 40
EM (Mcal/kg)	2,8 - 3,2
Digestibilidad de FDN (%)	65 - 75
Contenido de Almidón (%)	35 - 40
Digestibilidad del Almidón (%)	80 - 85

Fuente: adaptado de Demanet, 2019

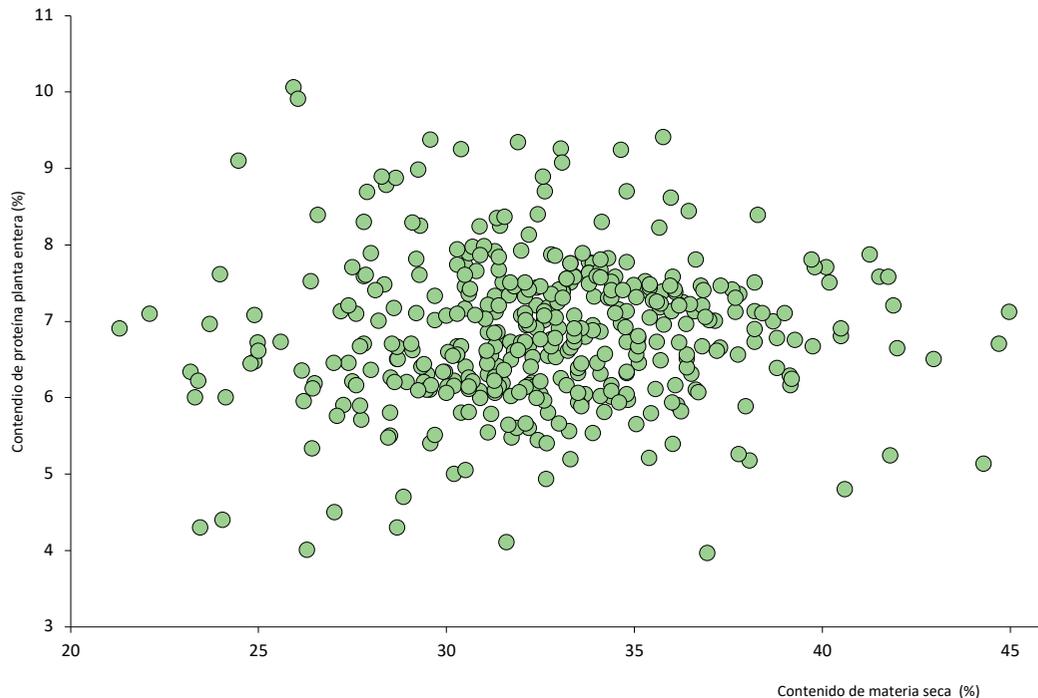
Contenido de materia seca: Este parámetro tiene la importancia de definir el nivel de consumo de los animales y la generación de efluentes y pérdidas de carbohidratos en los ensilajes. Sobre un 25% de materia seca disminuyen las pérdidas por respiración y permite el predominio de bacterias ácido lácticas necesarias para la producción de ácido y reducción del pH.

El contenido óptimo de materia seca de un ensilaje de maíz es entre **30 y 35%**, valor que permite una adecuada fermentación y reduce las pérdidas relacionadas con la presencia de bacterias del género *Clostridium*, perjudiciales para la calidad del ensilado. El valor antes mencionado se logra cuando los granos de las mazorcas presentan la línea de leche desde el 50% hacia arriba.

Proteína cruda: La proteína cruda tiene dicha denominación dado que no es una medición directa de la proteína, sino una estimación de la proteína total basada en el contenido de nitrógeno del alimento. La proteína cruda incluye la proteína verdadera y el nitrógeno no proteico (NNP) tales como el nitrógeno ureico y el amoniacal. El valor de proteína cruda no suministra información acerca de la composición en aminoácidos, la digestibilidad intestinal de la proteína o cuan aprovechable es en el rumen. Los valores habituales, considerando el contenido de materia seca superior a 30%, son entre **6,5 y 7,5%**. El mayor valor se logra cuando las plantas de maíz son cosechadas con valores de *stay green* superiores a 7.

Mediciones realizadas durante 25 años en las localidades de Temuco y Futrono demostraron que el 49,5% de todos los híbridos evaluados iguala o supera los valores considerados adecuados para elaborar un ensilaje de calidad.





Relación entre el contenido de materia seca y proteína medido en 412 híbridos de maíz crecidos en la zona templada. Temuco y Futrono. Periodo 1992 -2018.

Nitrógeno amoniacal: A través de la fermentación de los ensilajes se producen metabolitos como el nitrógeno soluble, nitrógeno amoniacal, azúcares residuales y ácidos grasos volátiles. A partir del contenido de nitrógeno amoniacal es factible definir la calidad del ensilaje.

El nitrógeno amoniacal proviene principalmente del metabolismo de los aminoácidos y los nitratos presentes en el maíz ensilado y son el resultado de la acción bacteriana. Este nitrógeno, para ser expresado como un indicador de calidad de la fermentación, se expresa como porcentaje del nitrógeno total presente en el ensilado, lo que indica la proporción de las proteínas degradadas en el proceso de conservación. En un ensilaje de calidad se considera que la concentración óptima es inferior al **5%** como porcentaje del nitrógeno total.

El nitrógeno amoniacal es uno de los principales indicadores de la calidad de la fermentación ya que se relaciona con el consumo voluntario del ganado.

pH: Es un indicador de la magnitud de la fermentación y tiene relación con el contenido de materia seca. Este parámetro muestra a través de su valor la dimensión de la transformación más radical que ocurre con el maíz ensilado. Considerando los valores de materia seca, en un buen ensilado de maíz, se espera que el valor de pH fluctúe entre **4,0 y 4,4**.

Nutrientes digeribles totales (NDT): Los valores de energía se obtienen por ecuaciones predictivas o fórmulas utilizando otros nutrientes que si se pueden medir químicamente (carbohidratos, proteína, grasas). NDT corresponde a la suma de la proteína digerible, carbohidratos no estructurales digeribles, FDN digerible y 2,25 veces el contenido de grasa o EE digerible. En general, los nutrientes digeribles totales están altamente correlacionados con el contenido energético del alimento. Un valor habitual en buenos ensilajes de maíz se ubica entre **70 y 75%**.

Energía metabolizable: Corresponde a la cantidad utilizada por los animales y representa la energía presente en el alimento que el animal utiliza para sus diferentes necesidades. La energía metabolizable se determina mediante la diferencia entre la energía bruta del alimento y la energía presente en las heces y orina del animal. Los ensilajes de maíz de la zona templada presentan en general valores de energía metabolizable muy heterogéneos desde 2,4 a 2,8 Mcal/kg. Se considera adecuados para un buen ensilaje de maíz entre **2,8 y 3,0 Mcal/kg**.

Fibra Detergente Ácido (FDA): La fibra detergente ácido, corresponde a la porción del ensilaje de maíz que es insoluble en un detergente ácido (método de Van Soest). Está básicamente compuesta por celulosa, lignina y sílice y la importancia que posee este parámetro es su correlación inversa con la digestibilidad del forraje. A mayor FDA es menor la digestibilidad. Los valores habituales de este parámetro se encuentran entre **24 y 28%**.

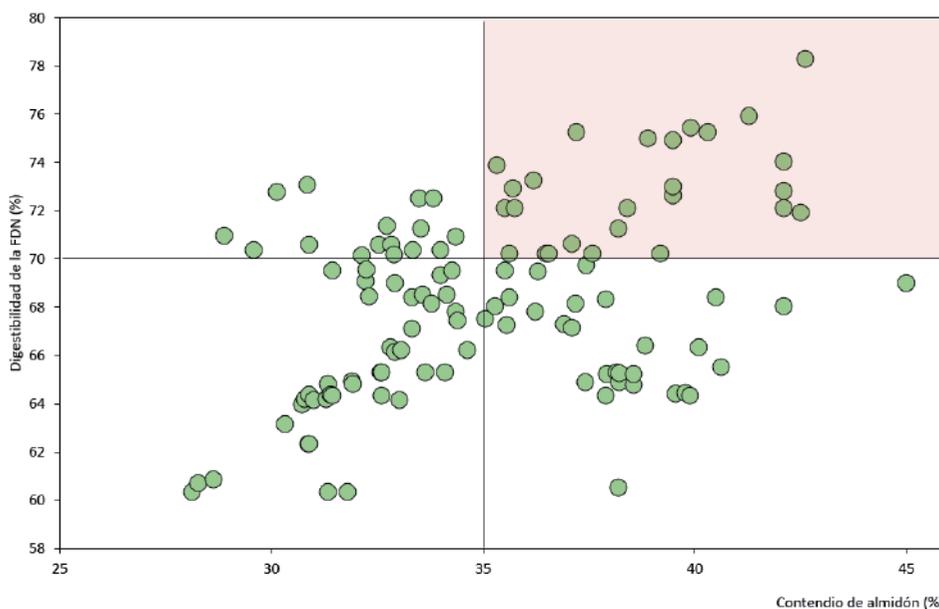
Fibra Detergente Neutro (FDN): El total de la fibra de un forraje está contenido en la fibra detergente neutra. Esta fracción contiene celulosa, hemicelulosa y lignina. El FDN suministra la mejor estimación del contenido total en fibra del alimento y

está estrechamente relacionado con el consumo. Al aumentar los valores de FDN, el consumo total de alimento disminuye. Por lo general, se asume que los rumiantes van a consumir un máximo de FDN cercano al 1,2% de su peso corporal. En un buen ensilaje este valor fluctúa entre **38 y 42%**.

Digestibilidad de la FDN: La digestibilidad de la FDN es un parámetro que muestra la capacidad de degradación de la fibra por parte de los rumiantes. Este valor se utiliza en la elaboración de raciones balanceadas para el ganado. Un buen ensilaje presenta un valor de digestibilidad medido como porcentaje de la FDN entre **72 y 80%**.

Almidón: Es un compuesto nutricional definido químicamente como un carbohidrato o azúcar complejo, que sirve como reserva energética de las plantas. Está formado por subunidades más simples denominadas amilosa y amilopectina, que a su vez son cadenas simples de glucosa (monosacárido). Los ensilajes elaborados con plantas de maíz cosechados con niveles de materia seca superiores a 30%, logran un contenido de almidón superior a 30%. Se considera un buen ensilaje aquel que posee entre **30 y 35%** de almidón.

Digestibilidad del almidón: La exposición del almidón del grano de maíz que consume el animal se relaciona con el craqueado del grano y el tiempo que transcurre entre el sellado del ensilaje de maíz y la apertura. Esto tiene que ver con la degradación de la prolamina (proteína que recubre al almidón), que permite que el almidón quede expuesto a nivel ruminal. Se considera un buen valor para este parámetro entre **80 y 85%**, el que habitualmente se logra después de 60 días post elaboración del ensilaje.



Relación entre la digestibilidad de la FDN y el contenido de almidón en 115 híbridos de maíz crecidos en la zona templada. Temuco y Futrono. Periodo 2013 – 2019.



Indicadores organolépticos: La calidad de los ensilajes también puede ser valorada considerando algunos parámetros organolépticos como son el olor, el color, la textura y la humedad. Un buen ensilaje de maíz tiene un color verde aceituna, olor agradable a fruta madura, textura donde se conservan los contornos y humedad que no escurre al comprimir.



Determinación de parámetros de calidad del ensilaje en terreno.

Pastoreo y soiling

El maíz es una planta que no tiene la capacidad de rebrotar y producir muchos tallos. Su utilización en pastoreo está supeditada a utilizaciones tempranas en verano dado que con el avance del estado fenológico las plantas rápidamente se encañan y su consumo es rechazado por los animales. En sistemas que optan por el uso de esta alternativa, el maíz es sembrado en alta densidad con distancia entre hilera de 30 a 45 cm. La siembra se hace con sembradora cerealera a chorro continuo que supone el uso de una dosis de semilla superior a 40 kg/ha.

Efecto de la fecha de utilización en el porcentaje de materia seca y rendimiento de dos híbridos de maíz destinados a pastoreo o soiling. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temporada 2019/2010.

Fecha de cosecha	Días siembra - Cosecha	LG 30211*		Batuco**	
		% MS	ton MS/ha	% MS	ton MS/ha
14/01/2020	71	10,6	5,9	10,5	5,9
21/01/2020	78	12,7	8,6	12,3	8,6
28/01/2020	85	14,4	8,7	12,4	8,7
19/03/2020	135	38,8	33,2	30,7	26,8

(*) Maíz utilizado en elaboración de ensilaje
 (**) Maíz destinado a la producción de chocho

Con el avance de la madurez de las plantas se incrementa el porcentaje de materia seca y el contenido de fibra, con lo cual disminuye la palatabilidad del forraje disponible para los animales. El rechazo en el consumo producto del encañado de las plantas, genera una pérdida importante del forraje, lo que obliga a la cosecha mecanizada y la entrega del material como soiling. La cosecha mecanizada incrementa los costos de cosecha del forraje y obliga al sistema a tener una máquina en forma permanente durante el periodo de uso del forraje.



Residuo dejado por los animales post consumo de maíz en el periodo estival.



Soiling de maíz otorgado a los animales como planta entera.



Sorgo
Sorghum bicolor L.

Sorgo (*Sorghum bicolor* L.)

Pasto sudan (*Sorghum bicolor* x *S. bicolor* var. *sudanese*)

En Chile, el sorgo está presente como planta destinada a la producción de forraje desde la década del cincuenta en el siglo pasado. Su presencia en los predios de productores ganaderos ha sido muy errática y su uso ha estado relacionado con el entusiasmo de algunas empresas que han importado materiales a Chile, probándolos en algunos sistemas productivos, en los cuales rápidamente fueron reemplazados por maíz u otra alternativa. Paralelo a esto, algunos investigadores viendo las ventajas de esta especie, han evaluado algunos materiales cuyos resultados no han trascendido.

Como especie forrajera, el sorgo presenta diversos aspectos positivos. Entre ellos, destaca la versatilidad de utilización: pastoreo, ensilaje, heno y grano, facilidad de siembra, buena tolerancia a condiciones de estrés hídrico y su adecuada calidad nutricional. Entre los factores limitantes para su utilización, se encuentran los problemas derivados de la presencia de ácido prúsico en estados juveniles, lo cual limita su consumo en pastoreo o soiling en etapas tempranas del desarrollo de las plantas. Como en todas las especies, destinadas a la producción de forraje, el sorgo requiere ser establecido en condiciones de suelo y clima adaptados a su condición, donde es absolutamente necesario respetar los requerimientos de temperatura, fecha de siembra y preparación de suelo. Además, es necesario definir el híbrido adaptado al área de siembra y desarrollar las prácticas de cosecha respetando las restricciones de las plantas al consumo animal.

Los ciclos climáticos donde predominan periodos extensos de déficit hídricos hacen necesario volver la mirada a especies de mejor tolerancia a condiciones de estrés pero que tienen otros requerimientos, a veces, muy diferentes a las alternativas que en la actualidad se utilizan en el campo como, por ejemplo, el maíz. Las empresas propietarias de la genética de esta especie han desarrollado nuevos materiales genéticos que se adaptan a las condiciones de la zona templada y que hoy ya han sido evaluados por la Universidad de La Frontera, demostrando que esta especie tiene un nicho interesante que los productores deben identificar y utilizar.

El sorgo (*Sorghum* spp. Moench) es una especie que en Chile ha sido utilizada en forma esporádica en producción animal y ha estado circunscrita a la zona mediterránea para pastoreo de verano y conservación de forraje. Publicaciones divulgativas del siglo pasado lo incluían como alternativa de producción de forraje para el secano costero mediterráneo (Contreras & Caviedes, 1977) y mediterráneo húmedo regado (Soto *et al.*, 1984).

Origen

El centro de origen es la sabana oriental de Sudán y su distribución se atribuye a los cazadores recolectores del Sahara (8000 años a.C.). El sorgo domesticado más antiguo (2000 años a.C.) tuvo su origen en la India (Venkateswaran, *et al.*, 2018). En Chile se conoce desde inicios del siglo pasado y su cultivo nunca ha tenido relevancia y las siembras se han realizado en pequeñas superficie. (Águila, 1997).



Panojas de plantas de sorgo (*Sorghum* spp. Moench) en diferente estado de madurez

Descripción botánica

Es una especie que pertenece a la familia Poaceae, subfamilia Panicoideae, género *Sorghum*, especie *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Esta especie representa a todos los sorgos silvestres y cultivados de tipo anual. Entre ellos se distinguen tres subespecies: *S. bicolor* subsp. *bicolor*, *S. bicolor* subsp. *drummondii* y *S. bicolor* subsp. *verticilliflorum*. Los sorgos cultivados corresponden a *S. bicolor* subsp. *bicolor* (Berenji *et al.*, 2011). Forma un follaje que se caracteriza por presentar tallos acabalados y ovados. Las hojas tienen bordes dentados y la lámina es glabra y cerosa. La inflorescencia es una panoja densa con ramificaciones primarias ubicadas en un eje y que portan espiguillas pares elipsoidales. Cada espiguilla consta de dos flores, pero la inferior es estéril. Tiene un 95% de autopolinización y un 5% de polinización cruzada, que incluso puede incluir especies silvestres como el maicillo. Las semillas son esféricas y dependiendo de la coloración del pericarpio pueden ser amarillas, rojas, marrones e incluso negras (House 1985; Águila, 1997).

Tipos de sorgos

Se distinguen dos tipos de sorgos para la producción de forraje. Para la elaboración de ensilaje se utilizan los sorgos graníferos pertenecientes a la especie *Sorghum bicolor* (L.) Moench, híbridos que en su mayoría tienen un crecimiento erecto que en el momento de la cosecha pueden alcanzar una altura de unos tres metros.

Otros tipos de sorgo son los utilizados para pastoreo o soiling de verano, que en su mayoría son el resultado del cruzamiento entre *Sorghum drummondii* (Steud.) Millsp. & Chase (pasto sudan) y *Sorghum bicolor* x *S. bicolor* var. *sudanese* (pasto sudan híbrido) y se denominan pasto sudan o *sudangrass*. Estos híbridos, a diferencia de los sorgos graníferos, son plantas frondosas que tienen la capacidad de rebrotar (multi cortes). En comparación con el maíz, tienen mayor área foliar y más raíces secundarias, rasgos que los ayudan a resistir la sequía (Sarrantonio, 1994; Sarrantonio & Gallandt, 2003).

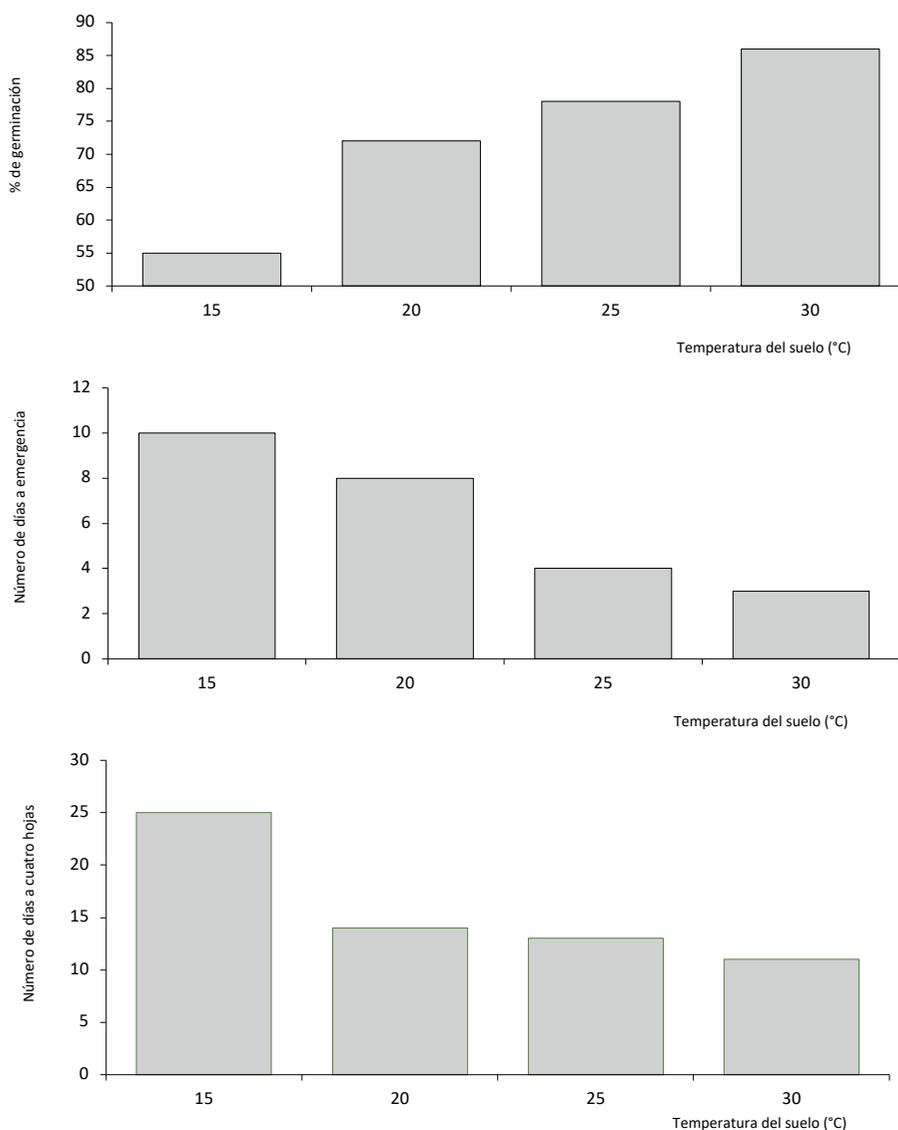


Sorgos graníferos de la especie *Sorghum bicolor* (L.) Moench destinado a la elaboración de ensilaje.

Sorgo para pastoreo, especie *Sorghum drummondii* (Steud.) Millsp. & Chase (pasto sudan) y *Sorghum bicolor* x *S. bicolor* var. *sudanese* (pasto sudan híbrido).

Requerimientos del cultivo

El sorgo es una especie que se cultiva en una amplia gama de sistemas y se caracteriza por presentar una gran tolerancia a enfermedades y plagas (estrés biótico), déficit hídrico y altas temperaturas (estrés abiótico). Su germinación en el suelo se produce con temperaturas superiores a 7°C, pero para que ocurra en menos de cuatro días requiere una temperatura superior a 18°C.



Efecto de la temperatura de suelo en la germinación de las semillas, emergencia y crecimiento inicial de las plantas de sorgo.
Fuente: adaptado de Carrasco *et al.*, 2011

La temperatura mínima para el crecimiento del sorgo es de 15 °C y los rendimientos más altos ocurren cuando las temperaturas medias durante la temporada de crecimiento están entre 24 y 27 °C. A diferencia del maíz, es capaz de soportar periodos prolongados de sequía y logra una rápida recuperación ante la presencia de agua. Los requerimientos de agua son entre uno y dos tercios de los necesarios para el cultivo de maíz (Bustos, 1968; Assefa *et al.*, 2010; Chisi & Peterson, 2018).

Las plantas de sorgo son más eficientes que las de otros cereales en la absorción de agua y nutrientes, ya que tienen un sistema radical fibroso, ramificado y profundizador, que puede ser hasta dos veces más grande respecto al cultivo del maíz (Yosef *et al.*, 2009). Además, las hojas tienen una cubierta cerosa con estomas pequeños, abundantes y un mecanismo de enrollamiento foliar que protege a las plantas de la deshidratación (Tari *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2010).



Estados iniciales de desarrollo del cultivo del sorgo.

Cultivo del sorgo

Rotación de cultivos: El sorgo es una planta que presenta pocos problemas sanitarios durante el desarrollo del cultivo. Esto indica que es una planta que se puede cultivar en forma consecutiva en el mismo potrero, respetando los requerimientos nutricionales y de manejo físico del suelo. Entre cultivos, para evitar que el suelo permanezca desnudo es conveniente intercalar un cultivo como avena, centeno o la mezcla de ambos cereales para ser utilizado en pastoreo durante el periodo de otoño, invierno e inicios de primavera. También es una opción incluir en la siembra del cereal, semillas de ballicas de ciclo anual que permitirán tener un buen aporte de forraje en los meses agosto y septiembre.

La siembra de cereales post cosecha del sorgo, se realizan al voleo y la semilla del cereal se incorpora en forma superficial con un vibrocultivador o un preparador de cama de semilla. Dependiendo de la fecha de siembra (febrero – marzo), la dosis de semilla del cereal solo o en mezcla es de 200 a 240 kg semillas/ha. En el caso de incluir ballica de ciclo anual, la dosis de semilla que se debe utilizar de esta especie es de 15 kg semilla/ha.

Periodo de siembra: El sorgo es una especie que en la zona templada (Temuco al sur) y mediterránea húmeda (Chillán – Los Ángeles), se debe sembrar entre mediados de octubre y primera quincena de diciembre. Un factor limitante en la siembra es la temperatura del suelo.

El sorgo requiere temperaturas superiores al maíz para germinar. La temperatura ideal de suelo es de 16 °C, donde se espera que germine sin dificultad el 75% de las semillas. A menor temperatura se afecta la germinación y la emergencia de las plántulas, situación que supone el incremento de la dosis de semilla. Hay que considerar que bajas temperaturas en el periodo post siembra, tienen un efecto mayor en la emergencia de las plántulas que en la germinación real de las semillas.

Sistema de siembra: El sorgo puede ser sembrado en sistema de cero labranza o con preparación de suelo. En cero labranza, el suelo debe estar perfectamente preparado en términos de nivelación, extracción y drenaje de las aguas. El sorgo es una planta que no tolera sobre saturación de agua en el suelo y menos periodos de inundación prolongados.

Preparación de suelos: En sistemas con preparación de suelo, se inicia con la aplicación de un barbecho químico que permita el control total del tapiz vegetal. Una vez que ha actuado el producto, el movimiento del suelo se inicia con un arado subsolador, rastra, incorporador de rastrojo, preparador de cama de semilla, rodón y siembra. El trabajo en profundidad tiene por objetivo permitir el enraizamiento de las plantas, buen anclaje al suelo y la obtención de agua y nutrientes en profundidad.

Una labor de importancia en la preparación es la descompactación del suelo, labor que permite al sistema radical su expansión en el perfil, tanto de forma lateral como en profundidad. La exploración en profundidad deriva en un incremento en la absorción de nutrientes y una mayor eficiencia en el uso del agua, lo que conlleva a un incremento en la producción. Este proceso de romper y resquebrajar el perfil en profundidad tiene múltiples beneficios que son mayores cuando esta labor se realiza con el suelo seco (Fauguenbaum, 2017).



Un adecuado barbecho químico y la descompactación del suelo con arado subsolador son dos labores claves en el desarrollo de una buena preparación de suelos para la siembra de sorgo.

Durante el proceso de preparación del suelo se debe considerar la incorporación de enmiendas calcáreas que permiten corregir la acidez y la neutralización de los fertilizantes acidificantes que se utilizan en el cultivo. Además, es posible incorporar enmiendas orgánicas (guano o abono verde) que mejoran la estabilidad de los agregados del suelo y su estructura, junto con aminorar los procesos de erosión característicos de los suelos de la zona templada, en los que este riesgo es alto como consecuencia de las condiciones climáticas y geomorfológicas (Honorato, 2000).

El uso de enmiendas orgánicas permite la generación de un ambiente edáfico caracterizado por la presencia de macro poros que permiten un mayor intercambio de aire, movimiento de agua y exploración radical (Ellies *et al.*, 1991; Ellies, 1994).

Densidad de siembra: El establecimiento se realiza en línea con máquina cerealera convencional a chorro continuo. También es posible realizar la siembra con máquinas de precisión utilizadas en maíz y remolacha, pero que deben tener discos especiales para sorgo. La dosis óptima de semilla es entre 8 y 14 kg semilla/ha. Esta densidad permite alcanzar poblaciones entre 200.000 y 300.000 semilla/ha, ya que en la mayoría de los híbridos el número de semillas por kilo es de aproximadamente 30.000 y la emergencia de las plántulas 75%.

Peso de mil semillas, número de semillas por kilo, densidad de siembra y kilos de semillas sembrados por hectárea. Estación Experimental Maquehue, Región de La Araucanía. 2019/2020.

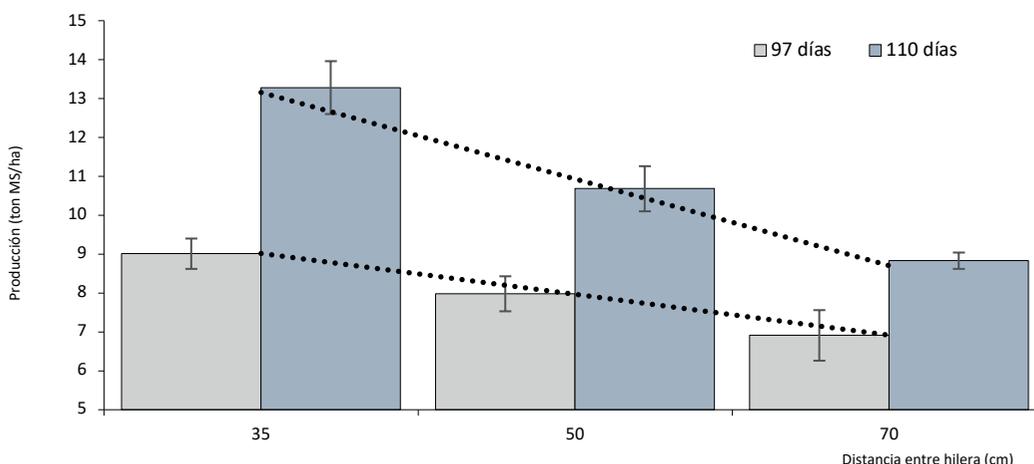
Híbrido	PMS (g)	N° Semillas/kilo	Densidad de siembra (N° semillas/ha)	kg semilla/ha
RGT Anggy	39,30 a	25.430 d	280.000	11,01
RGT Ggolden	33,30 b	30.010 c	280.000	9,33
RGT Iceberg	31,30 b	31.960 c	280.000	8,76
RGT Swingg	26,10 c	38.286 a	200.000	5,22
RGT Vegga	27,30 c	36.602 b	200.000	5,46
Promedio	31,46	32.458	248.000	7,96

PMS: Peso de mil semillas
Medias que no comparten una letra en común son diferentes según Prueba de Tukey ($p > 0,05$)

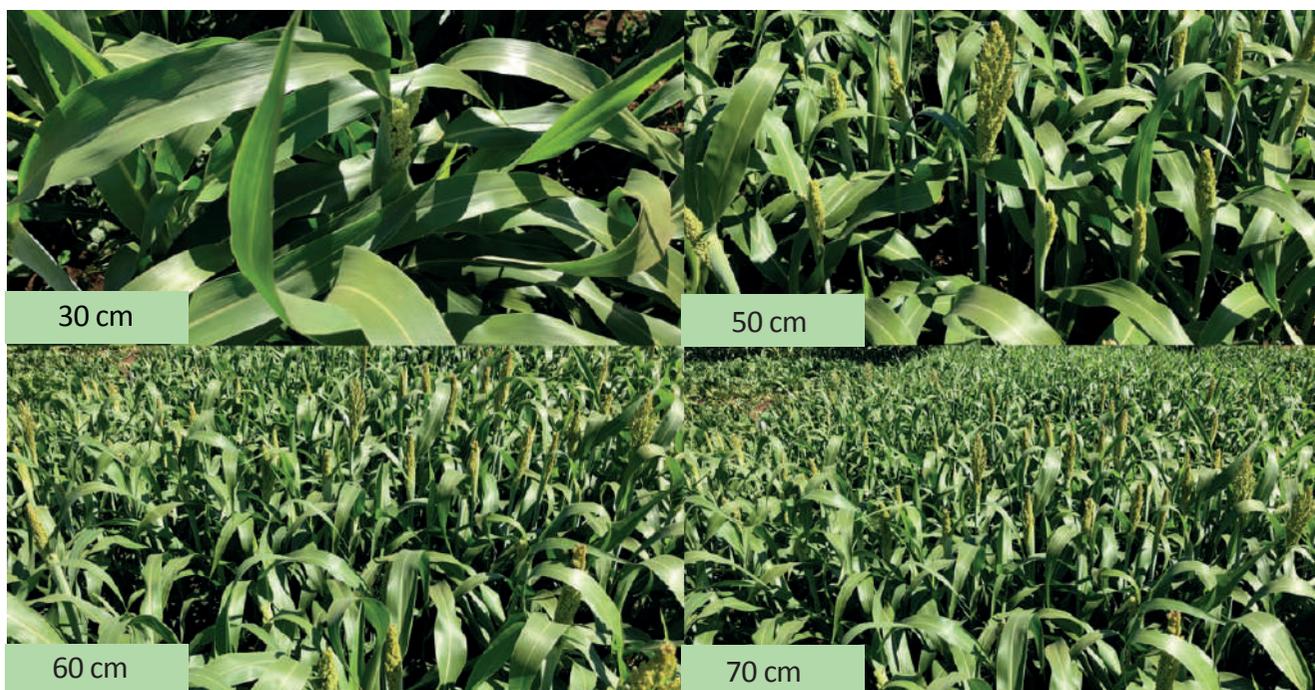
La densidad de siembra se incrementa entre 10 y 12% en condiciones de secano y en siembras tempranas cuando la temperatura de suelo es inferior a 16°C. También se debe considerar este incremento en suelos con deficiente preparación y sitios con riesgo de inundación eventual.

Profundidad de siembra: La profundidad depende de la calidad de la preparación del suelo, sistema de riego (si existe) y calibre de la semilla. El rango de profundidad es entre 4 y 8 cm, donde semillas pequeñas son ubicadas entre 4 y 5 cm y semillas de mayor calibre entre 5 y 8 cm. Es evidente que, en ambos tamaños, la profundidad se relacionará con la calidad de la cama de semilla y la humedad del suelo. El fertilizante que debe ser aplicado a la siembra, se localiza al lado de la semilla a igual profundidad.

Distancia entre hilera: Esta especie puede ser sembrada a distancia entre hilera de 12 a 70 cm. El espaciamento entre hilera se relaciona con las condiciones de humedad del suelo, sistema de utilización y riego. Para sistemas pastoriles y ensilaje, hoy se utiliza una distancia entre hilera de 12 a 17,5 cm que está relacionado con la distancia habitual de las máquinas de siembra de cereales (12, 15 y 17,5 cm). Otra forma de espaciamento es de hilera por medio, esto es 24, 30 y 35 cm, que es utilizado para producción de ensilaje cuya cosecha se realiza con cabezal rotativo.



Efecto de la distancia entre hilera en el rendimiento estival de sorgo de multicorte destinado a la producción de forraje. Cosecha a 97 y 110 días post siembra. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temporada 2019/2020. Convenio Universidad de La Frontera – Compañía Internacional de Semillas.



Efecto de la distancia entre hilera en la densidad y cobertura de sorgo 96 días post siembra.

Fertilización: El programa de fertilización del cultivo está definido por el nivel de extracción y el contenido de nutrientes del suelo. La corrección de la acidez del suelo y la neutralización es una práctica ineludible que se debe realizar aplicando dosis controladas de enmienda calcárea.

En la corrección de la acidez hay que tener en cuenta que, en suelos de origen volcánicos, por cada tonelada de cal incorporada al suelo se estima que habrá un incremento de 0,15 puntos de pH, mientras que, utilizando dolomita este cambio será de 0,2 puntos de pH. Por otra parte, en la neutralización de los fertilizantes amoniacales utilizados en el cultivo, hay que considerar que por cada kilo de nitrógeno amoniacal que se aplique al suelo se requieren entre 4 y 6 kg cal para su neutralización.

Respecto a los nutrientes en el momento de la siembra, la mezcla de fertilizantes se incorpora con la máquina sembradora y la fertilización nitrogenada (220 a 240 kg N/ha) se aplica en forma secuencial: 35% pre - siembra incorporado, 30% en el momento de la siembra y 35% post utilización en pastoreo o cuando las plantas posean entre 4 y 6 hojas expandidas (lígula visible). En sistemas de riego tecnificado (pivote), la fertilización post emergente se realiza a través del agua, utilizando para ello urea disuelta en los estanques de fertirrigación o mezclas completas de fertilizantes líquidos.

Control de malezas: El control de las especies indeseables en el cultivo del sorgo, es un factor determinante en el rendimiento y calidad del forraje que consumirán los animales. Se ha demostrado en áreas de producción de sorgo forrajero que un control deficiente de malezas (químico o manual), reduce hasta en un 47% el rendimiento de forraje en pastoreo y 62% en ensilaje. Existen diversas opciones de control químico de malezas en pre y post emergencia, sin embargo, se debe considerar como una etapa clave, la elaboración de buen barbecho químico.

Entre las opciones de pre emergencia incorporado, se encuentran *atrazina* (Gesaprim) sola o en mezcla con *metolochlor* (Dual Gold), cuyo objetivo es el control de gramíneas y latifoliadas. En post emergencia, para el control de gramíneas y latifoliadas una opción es la mezcla de *atrazina* (Gesaprim) + Dicamba cuando las plantas posean entre 2 y 4 hojas expandidas (lígula visible).

Utilización

Pastoreo y soiling de verano: Para pastoreo o soiling de verano se utilizan sorgos de multi corte, que son híbridos de sorgo con pasto sudan. Estos rebrotan tras su utilización y según la fecha de siembra, la disponibilidad de agua y fertilidad del suelo es posible tener dos o tres utilidades en el periodo estival.

La frecuencia e intensidad de uso son determinantes en la producción y calidad del forraje. Según Soto *et al.* (1984), la mejor relación rendimiento - calidad del forraje en verano se produce cuando las plantas se utilizan a una altura de 60 cm y se deja un residuo de 10 cm. Mediciones de Ide (1986) demostraron que la fecha de siembra tiene un efecto significativo en la producción de materia seca de las plantas en la primera utilización y en la capacidad de rebrote de éstas, pero no en la producción total del periodo estival.

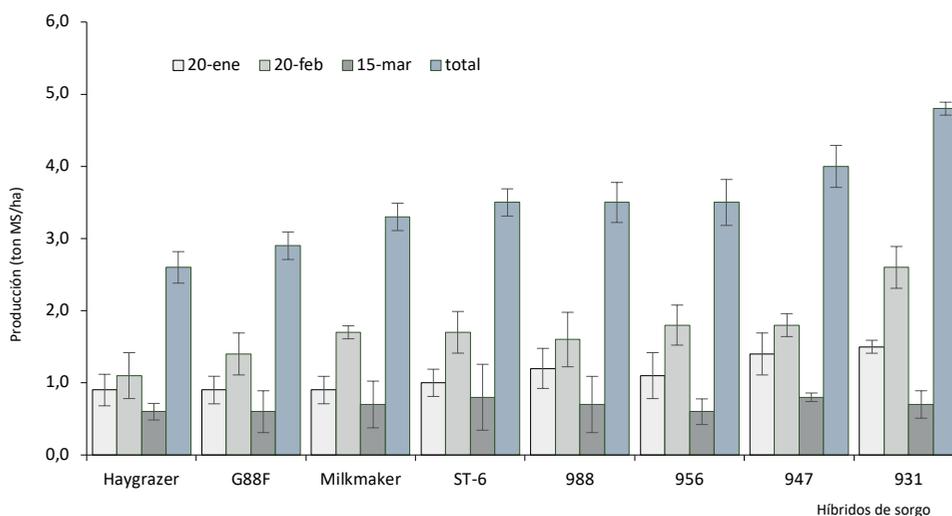
Efecto de la fecha de siembra en el tiempo de rezago (días) y en la producción estival de forraje de *Sorghum bicolor x Sorghum sudanense*. Valdivia. Temporada 1985/1986.

Fecha de siembra	1° corte			2° corte			Total		
	Días	ton MV/ha	ton MS/ha	Días	ton MV/ha	ton MS/ha	Días	ton MV/ha	ton MS/ha
05-nov	90	32,90 b	5,20 b	71	21,22 a	4,49 a	161	54,12 ab	9,69 a
20-nov	90	42,57 ab	7,08 ab	56	21,16 a	4,07 a	146	63,73 a	11,15 a
05-dic	90	46,33 a	9,40 a	41	6,56 b	1,09 b	131	52,89 ab	10,49 a
20-dic	90	46,40 a	9,52 a	26	1,13 b	0,22 b	116	47,53 b	9,74 a
Promedio	90			49			139		

Medias que no comparten una letra en común son diferentes (p > 0,05)
Fuente: adaptado de Ide, 1986.

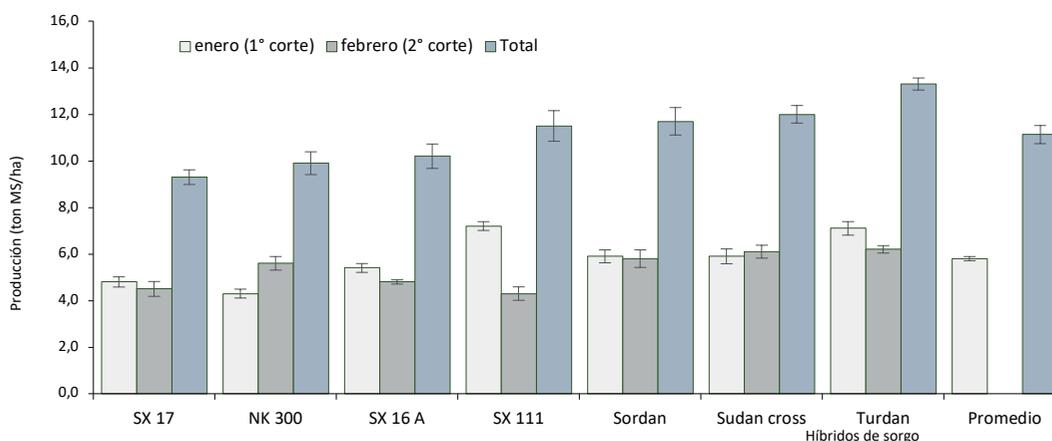
Las condiciones climáticas y la disponibilidad de agua son determinantes en la producción estival. Mediciones de diversos híbridos en la localidad de La Unión, exhibieron producciones inferiores a 5 ton MS/ha y en condiciones de mayor humedad, en la localidad de Osorno, el rendimiento fue superior a 13 ton MS/ha.

En la localidad de Valdivia, Matthei (1987) midió el efecto de la forma de utilización en la producción y calidad nutricional del híbrido *Sorghum bicolor x Sorghum sudanense*. En esta evaluación demostró que, a mayor número de días desde la siembra a la cosecha, más incrementa el porcentaje de materia seca de las plantas, la producción de forraje, el nivel de energía metabolizable y el contenido de fibra cruda; sin embargo, se redujo bruscamente el contenido de proteína.



Producción total y por corte de ocho híbridos de sorgo medidos en la localidad de La Unión. Periodo enero – marzo. Temporada 1982/1983.

Fuente: adaptado de Olivares et al., 1984.



Producción total y por corte de ocho híbridos de sorgo. Periodo enero – marzo. Osorno, temporada 1981/1982.

Fuente: adaptado De La Puente, 1982.

Efecto de la forma de utilización en la producción y parámetros de calidad de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*. Valdivia. Temporada 1986/1987.

Uso	Altura de ingreso (cm)	Producción (ton MS/ha)	MS (%)	Proteína (%)	EM (Mcal/kg)	Fibra cruda (%)
Pastoreo	50	2,59 b	22,01	16,75	1,98	23,44
Soiling	100	2,57 b	21,56	12,20	2,03	25,16
Ensilaje	panoja formada	5,32 a	29,25	7,42	2,33	27,75

Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes ($p > 0,05$)
Fuente: adaptado de Mathei, 1987.

Restricciones: La utilización en pastoreo durante el periodo estival tiene restricciones relacionadas con la presencia del glucósido durrina en estados juveniles de las plantas (< 50 cm de altura). Este compuesto por desdoblamiento se transforma en ácido hidrocianico, cianhídrico o prúsico, compuesto tóxico de rápida acción que al ingresar en el torrente sanguíneo inicia un proceso de inhibición del consumo de oxígeno provocando la muerte de los animales por asfixia.

El riesgo de intoxicación por ácido prúsico en el ganado aumenta durante los periodos de sequía, cuando las plantas se encuentran estresadas. Se conocen más de 200 especies de plantas que acumulan cantidades suficientes de glucósidos cianogénicos para causar envenenamiento. Algunas de ellas son *Sorghum halepense* (L.) Pers., *Sorghum* x *drummondii* (Steud.) Millsp. & Chase (pasto sudan), *Sorghum* spp. Moench y *Sorghum bicolor* x *S. bicolor* var. *sudanense* (pasto sudan híbrido).

Las causas predisponentes para que los glucósidos cianogénicos de las plantas se transformen en peligro para los animales, son el consumo de:

- ✓ Plantas provenientes de un rápido rebrote, tras un periodo prolongado de sequía
- ✓ Plantas afectadas por heladas.
- ✓ Plantas tratadas con herbicidas.
- ✓ Plantas sometidas a fertilizaciones con altas dosis de nitrógeno, especialmente, en suelos con bajo fósforo.
- ✓ Plantas consumidas durante la mañana con exceso de rocío.

Existe un mayor riesgo de que se produzca esta intoxicación en bovinos que en ovinos y en especial en animales hambrientos. Aquellos animales que habitualmente consumen plantas que presentan cantidades variables de glucósidos cianogénicos pueden adquirir cierta tolerancia y, por lo tanto, no presentar síntomas de intoxicación (Robson, 2007).

La intoxicación de los animales ocurre 15 minutos después de ser consumido el forraje y la muerte ocurre dos o tres minutos después, con signos comunes a otras patologías; dificultad al respirar, aceleración del pulso, ansiedad y temblor muscular, entre otros. En general, los signos se confunden con la intoxicación por nitritos y por eso se debe utilizar el tratamiento con inyección intravenosa de tiosulfato de sodio que proporciona azufre para convertir la cianmetahemoglobina en el tiocianato no tóxico, que se excreta en la orina (Robson, 2007).



Sorgo en pastoreo durante el periodo estival.

Ensilaje: Los sorgos destinados a la producción de ensilaje son los mismos utilizados para la producción de grano (híbridos) y la diferencia se encuentra en la fecha de cosecha. Para ensilaje las plantas se cosechan con la panoja formada y un porcentaje de materia seca de la planta completa entre 32 y 35%. La ventaja que tiene esta alternativa respecto a la producción de maíz para ensilaje es su menor requerimiento hídrico y mayor tolerancia a condiciones de estrés.

La calidad y la producción son estables en el periodo de cosecha y se tiene un buen equilibrio entre el contenido de azúcar en el tallo y el rendimiento de grano. Al comparar el sorgo con el maíz se comprueba que ambos alcanzan producciones similares de materia seca, pero difieren en la calidad nutricional. La mayor diferencia se encuentra en el valor energético y, específicamente, en el contenido de almidón, que en el sorgo no supera el 18% en el corte de ensilaje, mientras que el maíz alcanza con facilidad valores superiores al 30%.

En Chile, existen pocas mediciones de adaptación y producción de sorgos para ensilaje. En la zona mediterránea regada Cofré & Soto (1984) mencionan que es posible alcanzar entre 12 y 18 ton MS/ha en sorgos cosechados al estado fenológico de grano pastoso. En la zona templada, Pichard (1986) midió en distintas localidades la producción de sorgos graníferos y forrajeros, encontrando una alta correlación entre el rendimiento y la fecha de siembra. En establecimientos realizados entre los meses de octubre y diciembre la producción se redujo de 18 a 8 ton MS/ha.

En Valdivia, Del Río (1987) y Kullmer (1988) midieron el efecto de la aplicación de dosis crecientes de nitrógeno en la producción para ensilaje de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*. La producción no superó las siete ton MS/ha y cuando se aplicaron entre 120 y 300 kg N/ha el rendimiento fue estadísticamente similar.

Efecto de la aplicación de nitrógeno en la producción y calidad nutricional de *Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*. Valdivia. Temporada 1986/1987.

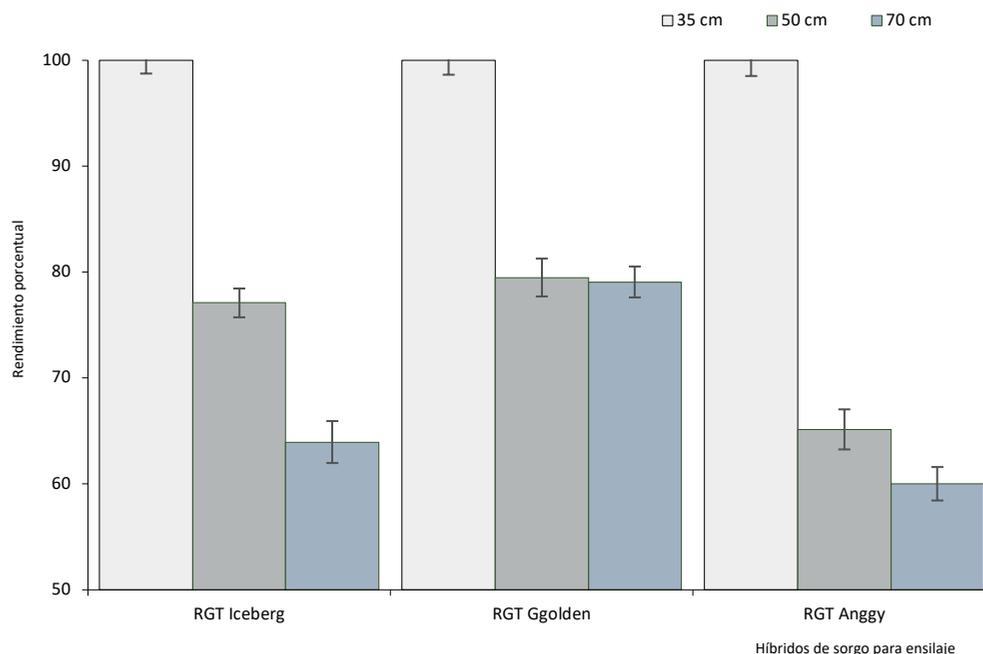
Dosis de nitrógeno (kg/ha)	Producción*		Calidad nutricional			
	ton MV/ha	ton MS/ha	MS (%)	Proteína (%)	Valor D (%)	EM (Mcal/kg)
0	18,47 a	4,62 b	25,0 a	10,4 a	66,3 a	2,43 a
60	19,47 a	4,98 b	25,6 a	10,5 a	64,5 a	2,38 a
120	25,53 a	5,77 ab	22,6 b	10,5 a	66,1 a	2,43 a
180	22,91 a	5,98 ab	26,1 a	10,7 a	65,2 a	2,40 a
240	24,91 a	6,64 a	26,7 a	11,0 a	65,7 a	2,41 a
300	24,69 a	6,79 a	27,5 a	10,1 a	65,7 a	2,41 a

Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes ($p > 0,05$)

Fuente: adaptado de Del Río, 1987.

(*) Días de siembra a cosecha: 158

En Temuco se midió el efecto de la distancia entre hilera en la producción de híbridos de sorgo granífero para elaboración de ensilaje. Los resultados mostraron que el incremento de la distancia desde 35 a 70 cm, utilizando la misma densidad de siembra (280.000 semillas/ha), genera una reducción de la producción de ensilaje de hasta un 40% dependiendo del híbrido. Esto confirma que al igual que sorgo de multicorte, el sorgo se debe sembrar a distancia entre hilera de 17,5 a 35 cm, con maquina cerealera convencional o de precisión.



Efecto de la distancia entre hilera (35, 50 y 70 cm) en el rendimiento de tres híbridos de sorgo granífero destinado a la producción de ensilaje. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temporada 2019/2020. Convenio Universidad de La Frontera – Compañía Internacional de Semillas.

Calidad nutricional

El sorgo es una alternativa atractiva al maíz porque tiene una mejor adaptación a las condiciones de estrés hídrico y baja fertilidad del suelo (Borba *et al.*, 2012). Entre los tipos de sorgo hay diferencias en el valor nutricional. El sorgo forrajero de un corte que no logra la producción de grano tiene un mayor contenido de carbohidratos solubles que el sorgo granífero (Kaiser *et al.*, 2004). En los sorgos de grano, que son utilizados principalmente para la elaboración de ensilaje, su valor nutricional es proporcionado por el grano, que aporta entre un 48 y 55% a la producción total de materia seca. Mediciones de calidad demostraron que la mejor relación contenido de nutrientes - digestibilidad se logra con híbridos forrajeros, pero su producción para ensilaje es inferior a la que alcanzan los sorgos graníferos. Además, con el avance de la madurez se reduce drásticamente la calidad, en especial, el contenido de proteína y la digestibilidad de la FDN.

Contenido de nutrientes del grano, forraje fresco y ensilaje de sorgo.

Parámetro	Unidad	Grano	Forraje fresco	Ensilaje
Contenido de materia seca	%	30,2	28,2	25,4
Proteína cruda	%	10,5	10,6	8,62
FDN	%	48,3	39,2	40,2



Evolución del cultivo de sorgo granífero para ensilaje.



Nabo forrajero

Brassica rapa L. subsp. *rapa*

Nabo forrajero (*Brassica rapa* L. subsp. *rapa*)

El nabo forrajero es una especie utilizada en pastoreo, principalmente, en el periodo estival. Es un forraje voluminoso con baja proporción de materia seca y fibra, pero alto contenido de proteína y energía. Durante el verano produce un importante volumen de hojas y un bulbo suculento que sobresale de la superficie del suelo, generando un forraje de alta calidad nutritiva y fácil consumo a través de pastoreo.

Origen

Nativa del área mediterránea europea y templada de Asia, es una especie cultivada para consumo humano y animal. Tiene una larga historia de uso y su domesticación se remonta a la época helenística y romana. *Gaius Plinius Secundus*, conocido como Plinio el viejo, consideraba esta verdura como una de las más importantes de su época. A Chile la trajeron los colonos europeos para consumo humano y a finales del siglo XX se incorporó como recurso forrajero tras sucesivas importaciones de semillas procedentes en una primera etapa de Nueva Zelanda y posteriormente de Dinamarca.

Descripción botánica

Brassica rapa L. subsp. *rapa* tiene como nombre común nabo forrajero y en inglés turnips. Pertenece a la familia Brassicaceae, género *Brassica*, especie *Brassica rapa* subsp. *rapa*. Es una planta herbácea, de ciclo bianual, con raíz tuberosa, glabra y tricomas dispersos. Sus hojas inferiores son pinnatisectas, pecioladas, con el haz y envés hirsuto y las superiores enteras, marcadamente amplexicaules, glabras y con frecuencia con leve coloración azulada. La inflorescencia es en racimo corimbiforme, con flores amarillas. El fruto es una silicua esférica de color marrón oscuro. La raíz engrosada es de color blanco, salvo los primeros centímetros que sobresalen del suelo que son de color púrpura, rojo o verdoso (Pardo de Santayana *et al.*, 2014).

Cultivo del nabo forrajero

Rotación de cultivos: En los sistemas ganaderos de la zona templada se incluye en rotación con otras pasturas con el objetivo de evitar el monocultivo y la roturación de las pasturas permanentes. Entre las opciones de rotación se encuentran las ballicas híbridas, que utilizan los potreros post nabos durante tres años. Otra alternativa es la rotación con el maíz para ensilaje, que permite el uso con nabos año por medio.

Mejoramiento de pasturas: El mejoramiento y renovación de pasturas permanentes es otro de los usos de esta especie. La fertilización balanceada de alta concentración, que es utilizada en la siembra de este cultivo, unida al corto periodo productivo y buen control de especies gramíneas, permiten que este forraje suplementario deje en el suelo un alto contenido de nutrientes residuales, transformándolo en un excelente pre cultivo para el establecimiento de pasturas permanentes. Además del efecto residual proporcionado por la fertilización inorgánica, está el reciclaje realizado por los animales que se manejan con alta carga y presión de pastoreo.

Periodo de siembra: La precocidad de los cultivares y la zona agroecológica, determinan la época de siembra. Este cultivo permite un extenso periodo de siembra, que se inicia en la primera quincena de septiembre y finaliza en la segunda semana de noviembre. La fecha de establecimiento depende de la temperatura del suelo (>10°C) y la disponibilidad de agua, elemento fundamental para lograr el máximo desarrollo de las plantas, antes del inicio de la temporada de consumo. Una muestra de la extensión del periodo de siembra es el establecimiento en septiembre en la precordillera de la región de La Araucanía, en donde representa un importante aporte a la dieta de las vacas en el periodo de diciembre a marzo. Por otra parte, en las zonas circundantes a los lagos en las regiones de Los Ríos y Los Lagos, la siembra se hace hasta finales de noviembre.

En una medición realizada en la localidad de Temuco, en siembra convencional, se observó que el retraso en la fecha de siembra producía una reducción significativa en el rendimiento del cultivo y un cambio importante en la proporción del aporte de hojas y raíces.

Efecto de la fecha de siembra en producción y componentes de rendimiento de nabos forrajeros. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2005/2006.

Fecha de siembra	Días siembra a 1° utilización	Producción (ton MS/ha)	Hojas (%)	Raíz (%)
15-oct	107	12,46 a	64	36
30-oct	93	10,45 b	52	48
15-nov	77	6,12 c	48	52
30-nov	62	4,33 d	42	58

Medias que no comparten una letra en común son diferentes según Prueba de Tukey ($p > 0,05$)

Sistema de siembra: Los nabos se establecen en sistemas de labranza convencional, con preparación completa del suelo o cero labranza. En ambas alternativas se considera el barbecho químico como labor primordial, dado que los nabos son muy sensibles a la competencia con especies residentes durante el proceso inicial de desarrollo de las plantas. No es adecuada

la siembra cero labranza en suelos compactados, en este caso, es necesario el establecimiento con labranza convencional y paso del arado subsolador.

En siembras convencionales con preparación de suelo se pretende tener una perfecta cama de semilla lo que se logra con el paso del rodón antes y después de la siembra, con el objetivo de lograr el máximo contacto de la semilla con el suelo y que la profundidad de siembra no supere los 0,5 centímetros.

Dosis de semilla: La dosis depende del sistema de siembra. Al voleo se usan 4 kg semillas/ha y en siembra en línea 3 kg semillas/ha, valores que permiten lograr una densidad de 70 plantas/m². En siembras realizadas en condiciones de riego, la dosis se reduce a 2,5 kg semillas/ha, dependiendo de la cama de semilla y de la calidad del riego aplicado. En cultivares tetraploides, la dosis de semilla es de 4 kg/ha ya que el tamaño de su semilla es mayor.

En una medición hecha con semillas diploides en un suelo con preparación convencional se observó que la dosis de semilla no tuvo influencia en la producción total de materia seca del cultivo, pero sí modificó el aporte de los componentes de la planta.

Efecto de la dosis de semilla en la producción y el aporte de hojas y raíces al rendimiento de nabos forrajeros. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2005/2006.

kg semilla/ha	Producción (ton MS/ha)	Hojas (%)	Raíz (%)
1	12,84 a	40	60
2	12,66 a	42	58
3	13,45 a	48	52
4	13,86 a	51	49
6	13,28 a	54	46

Cultivares: Los cultivares se diferencian por su ciclo de crecimiento, proporción hoja – bulbo y ploidía. Los cultivares de mayor uso en la zona templada son aquellos que presentan un follaje abundante y un bulbo muy bien desarrollado. Este tipo de nabos forrajeros también recibe la denominación de nabos de verano. Otro tipo de cultivares de esta especie son los denominados nabos de invierno, que en su estructura domina el follaje y el bulbo presenta un pequeño desarrollo al final de la temporada. Son especialmente recomendados para zonas de veranos secos y suelos con bajo nivel de fertilidad.

Los nabos de hoja son un grupo que se desarrolló a partir del cruzamiento de la especie *Brassica napus* con otros tipos de *Brassicac* spp. Son plantas donde predomina el follaje, y se caracterizan por ser precoces con capacidad de rebrote, lo que les permite, en algunos cultivares, ser pastoreados hasta tres veces en la temporada. En ambientes templados es posible su utilización en 40 días.

Cultivares de nabos forrajeros ordenados según ploidía y precocidad.

Cultivar	Ploidía	Días Siembra - Utilización
Dynamo	2n	60 - 80
Barkant	2n	60 - 90
Balance	2n	60 - 90
Gigante Violeta	2n	80 - 100
Gadol	2n	80 - 100
APT	2n	90 - 100
Samson	2n	90 - 100
Green Globe	2n	90 - 120
Verde Norfolk	2n	100 - 120
Marco	4n	55 - 65

Fertilización: El nabo forrajero es una especie muy sensible a la acidez del suelo. El pH requerido para su mejor desarrollo se encuentra sobre 6, por lo tanto, en la zona templada es necesario incluir en el plan de siembra la aplicación de enmiendas calcáreas, ya que es habitual que los suelos tengan pH inferior a este valor. La enmienda se aplica al menos con dos meses de antelación a la siembra y se emplea una proporción de 1:1 entre dolomita (carbonato de calcio y magnesio) y sulfato de calcio (yeso).

Control de Malezas: Una limitante importante en el desarrollo del cultivo de nabo, es la baja capacidad de competencia que tienen las plantas con las malezas. El control se inicia con un adecuado barbecho químico y posterior control pre siembra incorporado o pre emergente y post emergente. Los herbicidas pre emergentes se aplican con 200 litros de agua.

Opciones de herbicidas pre siembra y pre emergente en el cultivo de nabos forrajeros.

Alternativa	Producto	Dosis	Aplicación
I	Trifluralina	2,5 litros/ha	pre siembra incorporado o pre emergencia
II	Butisan S	2 litros/ha	pre emergente
III	Proponit 720 EC	1,5 litros/ha	pre emergente

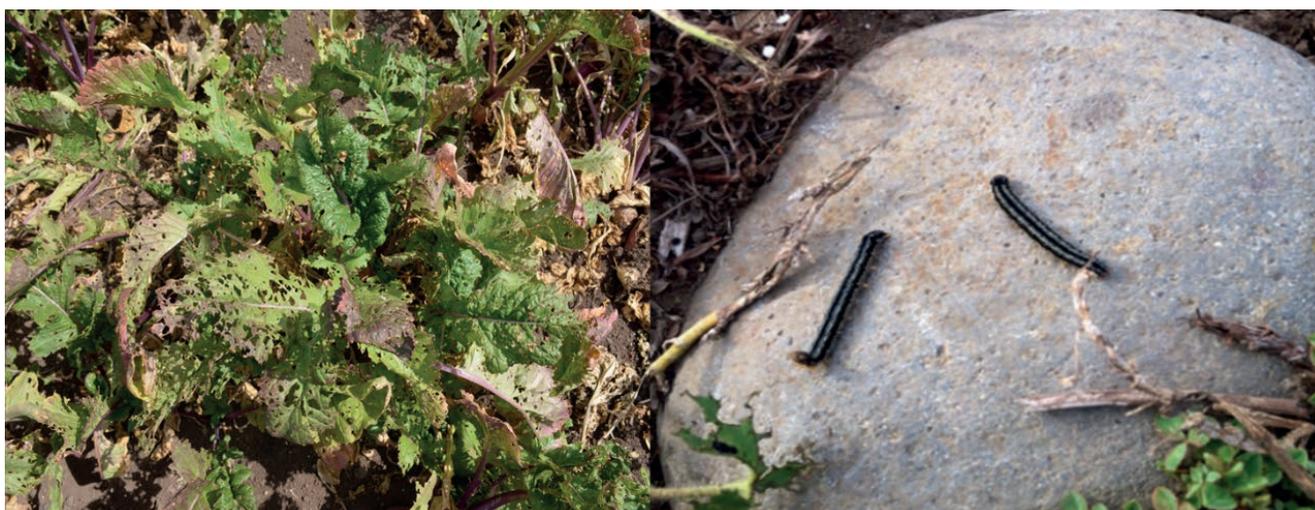
En post emergencia, se puede considerar la opción de control químico, utilizando la mezcla de 200 cc Tordon 24 K + 300 cc Lontrel 3A + 100 cc LI 700/ha en 150 litros de agua. Esta mezcla se aplica antes que las plantas cubran la totalidad del suelo. En caso de presencia de gramíneas las opciones de control son 1,5 litros de Galant plus/ha ó 1 litro de Centurion Super/ha, ambos deben ser aplicados en 150 litros de agua.



Efecto de un deficiente control de malezas en el cultivo de nabos forrajeros.

Control de plagas: Es habitual que durante el desarrollo del cultivo se presenten diversos ataques de insectos que afectan el desarrollo de las plantas. La mayoría de los insectos generan importantes daños foliares, incluso en etapas iniciales de crecimiento. *Plutella xylostella*, *Copitarsia decolora*, pulgones, larvas minadoras y pilmes, entre otros, son habituales en el desarrollo del cultivo, en especial cuando existen periodos prolongados de sequía. Una opción de control es la aplicación de *Lambdacialotrina* en dosis de 160 cc de producto comercial/ha diluidos en 250 litros de agua.

En sectores húmedos con alto contenido de materia orgánica en descomposición es habitual la presencia de babosas que son controladas con la aplicación de cebos (molusquicidas). El uso de cebos pelletizados como Clartex o Toximol, en dosis de 6 kg/ha, puede aminorar el efecto sobre las plantas en hasta un 70%.



Efecto del consumo foliar de *Copitarsia decolora* Guenée, en nabos forrajeros

Utilización

La fecha de inicio del consumo en pastoreo depende de la precocidad de cada cultivar y oscila entre 70 y 120 días, periodo donde las hojas alcanzan su máximo crecimiento y calidad nutritiva. Después de la madurez de las hojas, la raíz engrosada continua su crecimiento. El consumo de los primeros pastoreos es rechazado por los animales por desconocimiento del forraje. Una vez ambientados, los animales consumen con avidez, hasta niveles que requieren acelerar la velocidad de traslado hacia los potreros. Una vez en el potrero, los animales tienen una marcada preferencia por el consumo de hojas sobre las raíces, que finalmente son consumidas al término de la jornada de pastoreo e incluso en los días siguientes, cuando se encuentran pre deshidratados. Hay autores que indican que esa preferencia no existe (Moate *et al.*, 1999), pero en las condiciones de la zona templada es algo que se observa con frecuencia en todos los cultivares.

La palatabilidad y avidez de consumo supone la necesidad de restringir la oferta diaria por el riesgo metabólico del consumo excesivo. Esto se evita ofreciendo al ganado franjas diarias de pastoreo largas y angostas, controladas con cercos eléctricos que permiten, además, reducir las pérdidas por pisoteo, defecación o contaminación con tierra. Esta forma de entrega, que aumenta la eficiencia de uso del forraje, limita el consumo y el tiempo de pastoreo. La dieta diaria puede contener un máximo de 5 kg MS/vaca/día en un tiempo no superior a tres horas, lo que equivale aproximadamente al 30% de la dieta diaria de las vacas lecheras en base a materia seca.

El consumo excesivo de nabos forrajeros produce problemas metabólicos como son la anemia hemolítica, el bocio, la fotosensibilización, las lesiones hepáticas y el timpanismo, todo ello debido a la acción de factores anti nutricionales como son los glucosinolatos, los sulfóxidos de metilcisteínas y los nitratos (Barry, 2013).



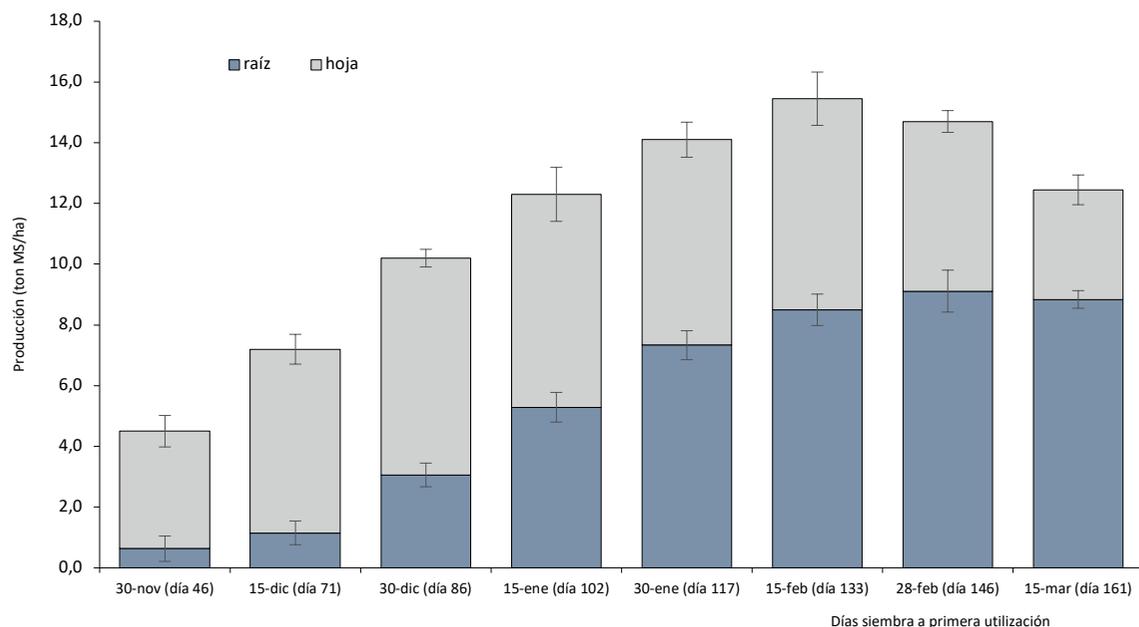
Consumo de nabos forrajeros en pastoreo con franja diaria.

Cálculo de franja diaria

Establecer el consumo (Demanda) del rebaño en función de la especie y restricciones			
1	Cultivo: Nabo Forrajero		
	Número de animales	100	N°
	Consumo por animal	5	Kg MS/Animal/día
	Consumo materia seca del rebaño (N° Animales x kg MS/animal/día)	500	Kg MS/día
Determinar el rendimiento del cultivo (oferta)			
2	Peso verde (PV) de 1 m ²	10	kg Materia Verde/ m ²
	Kg Materia Verde/ha (PV m ² x 10.000)	100.000	Kg Materia Verde/ha
	Porcentaje de materia seca al momento del corte	10%	
	Rendimiento (Kg Materia Verde/ha x %MS)	10.000	kg MS/ha
	*Aplicar factor de eficiencia de uso (Rendimiento x 80%)	8.000	kg MS/ha
Cálculo superficie de pastoreo (Demanda/oferta)			
3	Demanda del rebaño	500	Kg MS/día
	Oferta del rebaño	8.000	kg MS/ha
	Superficie de pastoreo (Demanda/Oferta)	0,06	ha/día
	Superficie m ² (há/día x 10.000)	625	m ² /día
Asignación del cerco eléctrico			
La ubicación del cerco eléctrico dependerá de las condiciones particulares del terreno y se deben considerar franjas largas y angostas con el objetivo de incrementar la eficiencia de utilización.			
4			
	El cerco eléctrico se debe mover 2 veces respecto al ancho calculado con el objetivo de favorecer el consumo y reducir pérdidas por pisoteo y bosteo		
5	<u>Consideraciones</u>		
	Para el pesaje del cuadrante (1 m ²), considerar tanto hojas como bulbos		
	Medir la MS del cultivo (hoja y bulbos) en aquellas etapas iniciales, máximo desarrollo y finales del cultivo para ajustar el rendimiento y oferta		
	*El cálculo se consideró una eficiencia de 80%, sin embargo, esta puede variar según la adaptación a factores edafoclimático y de manejo		

Producción

El nivel de rendimiento que puede alcanzar el nabo forrajero depende de la época de siembra, la nutrición de las plantas, las condiciones climáticas y el momento de utilización (Demanet, 2014). Mediciones realizadas en diferentes condiciones climáticas de la zona templada, han demostrado que es posible alcanzar producciones superiores a 18 ton MS/ha. Sin embargo, existen factores determinantes que hacen que este rendimiento no se consiga, entre los que destacan la utilización antes del término de su ciclo de desarrollo, la nutrición deficiente y el mal control de especies, tanto residentes como invasoras y plagas.



Rendimiento acumulado y aporte de hojas y raíces desde la siembra a la cosecha de nabos forrajeros. Promedio de 64 predios lecheros. Plan lechero Watt's. Loncoche – Frutillar. Periodo 2010 – 2016.

Calidad nutricional

El aporte nutricional depende del estado de madurez de las plantas en el momento de ser consumidas. En verano, las plantas presentan, en promedio, entre 8 y 10% de materia seca, 8 a 14% de proteína cruda, 2,8 a 3,2 Mcal/kg MS, 85 a 92% de digestibilidad y 18 a 22% de FDN, valores que en conjunto, demuestran la necesidad de ofrecer al ganado los nabos forrajeros junto con un adecuado alimento rico en fibra (paja o heno).

Al comparar la composición química de la planta de las diferentes especies de brassicas utilizadas en alimentación de rumiantes, se observa que los nabos forrajeros tienen un menor contenido de proteínas y carbohidratos solubles y una mayor proporción de FDN y pectina que las otras especies, valores que determinan que la relación carbohidratos fermentables/carbohidratos estructurales sea la más baja de todas.

Composición química de cuatro especies del género *Brassica* utilizadas en alimentación de rumiantes.

Parámetros de calidad (%)	Nabos	Colinabos	Raps	Coles	Promedio
Materia seca	10,1	9,4	12,6	14,1	11,6
Proteína cruda	13,0	16,2	19,3	16,7	16,3
Carbohidratos solubles en agua	23,8	30,1	19,6	17,3	22,7
FDN	24,0	17,6	23,4	20,1	21,3
FDA	18,0	12,1	16,3	12,9	14,8
Pectina	9,4	6,9	8,9	8	8,3
Lignina	6,3	5,1	6,3	5,7	5,9
Ceniza	14,9	9,2	14	13,9	13
Relación RDF/SC ¹	1,9	3,1	1,7	1,8	2,1

1: Relación entre carbohidratos fermentables (carbohidratos solubles en agua + pectina/carbohidratos estructurales (FDN-lignina)
Fuente: adaptado de Sun *et al.*, 2012.

La calidad nutricional de los nabos forrajeros cambia según el cultivar, estado fenológico y proporción de hojas y raíces. En una medición realizada en 64 predios lecheros de la zona templada que utilizaban este recurso forrajero para alimentar sus vacas durante el periodo estival, se determinó la calidad nutricional de la planta completa al inicio del consumo en pastoreo. Los datos demostraron una baja variabilidad entre los predios en los parámetros evaluados y el buen nivel de proteína y energía que este recurso posee al comienzo de la etapa de consumo. La limitante para el consumo es el bajo contenido de materia seca y bajo nivel de FDN.

Contenido de nutrientes de nabos forrajeros medido en 64 predios de productores de la zona templada al inicio de la temporada de consumo (enero). Plan lechero Watt's. Loncoche – Frutillar. Periodo 2010 – 2016.

Nutriente	Promedio	Máximo	Mínimo
MS (%)	15,0	19,6	9,8
PC (%)	26,0	35,3	16,0
FDA (%)	20,8	24,9	16,7
FDN (%)	19,2	21,1	17,3
EM (Mcal/kg)	2,59	2,91	1,88
DMS (%)	79,8	89,9	57,2
Cenizas (%)	11,9	33,9	7,8

MS: materia seca; PC: proteína cruda; FDA: fibra detergente ácida; FDN: fibra detergente neutra; EM: energía metabolizable; DMS: digestibilidad de la materia seca

En la evaluación de los componentes de rendimiento de las plantas de *Brassica rapa* L. subsp. *rapa* se observó que existen diferencias en el contenido de nutrientes de hojas y raíces, destacando el alto contenido de proteínas en sus hojas y el buen nivel energético de las raíces.

Contenido de nutrientes en hojas y raíces de nabos forrajeros

Parámetros de calidad	Enero		Marzo	
	Hojas	Raíces	Hojas	Raíces
Materia seca (%)	8,7	7,1	12,1	6,8
Proteína cruda (%)	26,5	12,3	19,6	14,1
Digestibilidad de la MS (%)	95,0	97,9	94,0	96,6
Energía metabolizable Mcal/kg)	2,82	3,13	2,89	3,14

Respuesta productiva

Suplementar la alimentación del ganado lechero en verano con nabos forrajeros mejora el equilibrio del aporte de energía y proteínas a nivel de los microorganismos del rumen, permitiendo una reducción en los niveles de urea de la leche (Parga *et al.*, 2010).

La respuesta productiva de los animales en pastoreo de nabos difiere según la rigurosidad climática del periodo estival. En veranos secos se han observado incrementos de 0,6 kg de leche por kilo de materia seca de nabo suplementado. Sin embargo, en veranos húmedos esta respuesta se reduce a sólo 0,2 kg de leche/kg de materia seca de nabo suplementado (Moate *et al.*, 1998; Parga *et al.*, 2009; Parga *et al.*, 2010).

En una medición realizada en un grupo de 35 lecherías del área del lago Ranco, en la zona templada, se observó que la producción de materia seca presentaba una alta variación entre ellas: 0,47 a 10,13 ton MS/ha. La inclusión del nabo en la dieta presentó un rango de 2,6 a 40,7% y la eficiencia de utilización promedió un 76,5%. Bajo estas condiciones se concluyó que el consumo de materia seca, energía metabolizable y producción de leche aumentaba con el incremento de la oferta de nabos. Sin embargo, en dietas con bajo consumo de materia seca, la producción de leche se redujo y la inclusión de nabo no cambió el nivel productivo de las vacas (Aucal *et al.*, 2015).





Colinabos o Rutabaga

Brassica napus L. subsp. *napobrassica*

***Brassica napus* L. subsp. *napobrassica* (colinabos o rutabaga)**

La rutabaga es una especie que se caracteriza por exhibir un largo ciclo productivo, con un follaje frondoso y raíces voluminosas que sobresalen del suelo y permiten a los animales consumirlas con facilidad. El principal objetivo de esta especie es aportar forraje de buena calidad en el periodo de otoño e inicios de invierno.

Origen

Nativa del área oeste del Mediterráneo se incorporó a los sistemas ganaderos de la zona templada en los últimos 30 años con el objetivo de aportar forraje de calidad en el periodo de verano, otoño e inicio de invierno.

Descripción botánica

Brassica napus L. subsp. *napobrassica* recibe como nombre común colinabo o rutabaga y en inglés *swedes*. Perteneció a la familia Brassicaceae, género *Brassica*, especie *Brassica napus* L. subsp. *napobrassica*. Es una planta herbácea bienal, glabra y de raíz bulbosa que se desarrolla a partir del hipocótilo. Su superficie puede ser de color morado, blanco o amarillo y el contenido interno sólido, de color amarillo o blanco. Las hojas son gruesas, lisas, de color verde oscuro y emergen de la corona o el cuello de la raíz para formar una roseta que cubre el suelo. La presencia de una corona o cuello de la raíz distingue a los colinabos de los nabos. Sus hojas basales son pecioladas, liradas, de segmentos enteros con uno más prominente. Las hojas superiores son sésiles o subamplexicaules, de forma oblonga o lanceolada. La inflorescencia es un racimo corimbiforme con flores de coloración amarilla y el fruto es una silicua con una fila de semilla en cada lóculo. Las semillas son de forma esférica y de color marrón oscuro (Whitson, 1996; Pardo de Santayana *et al.*, 2014).

Cultivo de la rutabaga

Periodo de siembra: Se extiende desde septiembre a diciembre. Al momento del establecimiento, es necesario considerar que la temperatura del suelo sea mayor o igual a 10°C. Con temperaturas inferiores, la emergencia de las plántulas se retrasa, generándose una fuerte competencia con las malezas en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Esto es, particularmente importante, debido a que existen pocas opciones de control de malezas post emergente.

Sistema de siembra: Se establece en sistema de labranza convencional, con preparación completa de suelo. El barbecho químico realizado con anticipación, 40 días previos a la siembra, permite disminuir la carga de malezas, factor que es necesario considerar debido a que este cultivo, en sus primeras etapas de desarrollo, es muy poco agresivo y su tasa de crecimiento reducida.

Dosis de semilla: La dosis depende de la calidad de la cama de semilla. En suelos muy bien mullidos, la dosis de semilla es entre 1 y 1,5 kg/ha y en suelos con preparaciones deficientes, se considera una dosis de 2 kg semillas/ha.

Cultivares: La principal procedencia del material genético que se utiliza en Chile es Nueva Zelanda y tiene un periodo desde la siembra a su utilización que fluctúa entre 150 a 250 días.

Principales cultivares de rutabaga utilizados en la zona templada de Chile.

Cultivar	Ploidía	Días de siembra a utilización
Major plus	2n	150 - 180
Highlander	2n	180 - 240
Aparima Gold	2n	180 - 240
Invitation	2n	170 - 250

Fertilización: La baja tolerancia a la acidez del suelo determina que su corrección sea una práctica necesaria. La corrección considera que, al momento de la germinación de las plantas, el suelo posea un ambiente donde el pH sea superior a 6 y la saturación de aluminio inferior a 1%. La enmienda se debe aplicar al menos con dos meses de anticipación al cultivo, considerando una proporción de 1:1 entre dolomita y sulfato de calcio (yeso). Por cada tonelada de dolomita que se aplique al suelo se produce un aumento de 0,2 puntos de pH. Además, por cada kilo de nitrógeno amoniacal que se aplique, se requieren 4 kilos de enmienda para neutralizarlo y evitar el incremento de la acidez en el suelo.

A la siembra esta especie requiere una fertilización que considere 300 kilos de Superfosfato triple + 200 kilos de Sulpomag + 30 kilos de Boronatrocalcita por hectárea, equivalente a 530 kg/ha de la mezcla que contenga 26% fósforo, 8% potasio, 6% magnesio, 8% azufre y 0,1% boro.

La fertilización con nitrógeno (140 kilos N/ha) se aplica fraccionada: 50% post siembra y 50% cuando el cultivo tenga dos a tres hojas expandidas. Debido a que es una especie de largo ciclo productivo, el uso de nitrógenos de lenta entrega es una opción que se debe considerar debido a que este tipo de fertilizante permite una sola aplicación post siembra, producto de su liberación lenta (90 a 120 días).

Además de la aplicación de boro al suelo, debido a que éste es un elemento esencial para el desarrollo de la rutabaga, se debe asperjar 1 litro de BoronMax, 1,5 litros de NBoron ó 750 gramos de Solubor/ha en 200 litros de agua, cuando las plantas posean las hojas totalmente expandidas y cubriendo el suelo.

Control de malezas: Existen diferentes opciones de control químico de malezas. En suelos con baja humedad, es recomendado el uso de herbicidas pre siembra incorporados. En áreas de riego o con alta probabilidad de ocurrencia de precipitaciones post siembra, es adecuado el uso de herbicidas pre emergente, los cuales se asperjan inmediatamente post siembra.

Opciones de herbicidas pre siembra y pre emergente en el cultivo de rutabaga.

Alternativa	Producto	Dosis	Aplicación
I	Trifluralina	2,5 litros/ha	pre siembra incorporado o pre emergencia
II	Butisan S	2 litros/ha	pre emergente
III	Proponit 720 EC	1,5 litros/ha	pre emergente

En la post emergencia de las plantas el control químico se puede hacer con la mezcla de 200 cc Tordon 24 K + 300 cc Lontrel 3A + 100 cc LI 700/ha en 150 litros de agua. Esta fórmula, se aplica antes que las plantas cubran la totalidad del suelo. En caso de presencia de gramíneas, las opciones de control son 1,5 litros de Galant plus/ha ó 1 litro de Centurion Super/ha, ambos deben ser aplicados en 150 litros de agua.

Control de plagas: Durante el desarrollo del cultivo, pueden existir diversos ataques de insectos que afectan el desarrollo de las plantas. La mayoría de los insectos, generan importantes daños foliares, incluso en etapas iniciales del crecimiento. Pulgón, larvas minadoras y pilmes pueden ser controlados con la aplicación de *Lambdacialotrina* en dosis de 160 cc de producto comercial/ha diluidos en 250 litros de agua.

La presencia de babosas es un problema que puede ocurrir en sectores húmedos con material residual en superficie y alta temperatura de suelo. El uso de cebos peletizados como Clartex o Toximol, en dosis de 6 kg/ha, puede aminorar el efecto sobre las plantas en hasta un 70%.

Utilización

La utilización en pastoreo se extiende de marzo a agosto, periodo en que los animales consumen de forma restrictiva este suplemento en franjas angostas y largas, limitadas por cercos eléctricos móviles. El consumo diario se debe realizar en menos de tres horas, tiempo en el cual los animales adultos ingieren en promedio unos 5 kg MS/cabeza.

La eficiencia de utilización del cultivo está directamente relacionada con el manejo de la franja diaria y el tamaño de los bulbos de las plantas. En ocasiones, cuando existe una reducida población de plantas, los bulbos crecen individualmente de forma exagerada, lo que induce a su consumo parcial por parte de los animales y, con ello, se produce pérdida del forraje disponible, lo que puede provocar una reducción de la eficiencia de utilización a menos de un 50%.

Restricción de consumo: La rutabaga, al igual que la mayoría de las especies de la familia de las brassicas, se caracteriza por presentar alta concentración de azufre, producto de la presencia del aminoácido libre S-metil-cisteína sulfóxido, los glucosinolatos y el sulfato inorgánico. La rutabaga presenta un mayor contenido de glucosinolatos que otras brassicas (Sun *et al.*, 2012). Esto tiene mucha importancia en la nutrición animal, ya que los tiocianatos y el oxazolideno-2-tiones liberados tras la degradación de los glucosinolatos son bociógenos que reducen la absorción de yodo por la glándula tiroides (Barry, 2013).

Compuestos secundarios en plantas del género *Brassica* utilizadas en alimentación de rumiantes.

Glucosinolatos (µmol/g MS)	Rutabaga	Nabos	Coles	Raps
Progoitrin	6,0	6,9	0,9	8,8
Gluconapin	1,4	1,9	0,6	4,5
Sinigrin	0	0	3,6	0,2
Gluco Brassicanapin	0,5	5,9	0,1	2,6
Gluconapoleiferin	3,5	5,4	0,1	1,8
Gluco Brassicin	1,2	0,7	2,2	0,7
Neogluco Brassicin	3,1	1,3	0,3	0,5
Gluconasturtin	1,2	1,2	0,5	0,6
Total	16,9	23,3	8,3	19,7

Fuente: Barry, 2013.

El alto contenido de glucosinolatos es una de las razones de la restricción del consumo de materia seca a niveles máximos de un 30% de la dieta diaria de las vacas lecheras. El consumo excesivo produce problemas metabólicos como anemia hemolítica y bocio, entre otras (Lanuza, 2011; Barry, 2013).

Producción

En la zona templada la rutabaga tiene una baja participación en los sistemas ganaderos y se utiliza de forma preferente en áreas en las que es necesario mantener el nivel de consumo de forraje verde durante el periodo de abril a julio. El avance en la tecnología de producción ha permitido alcanzar niveles superiores a 18 ton MS/ha. Mediciones realizadas en la zona templada han demostrado que el contenido de materia seca de la planta entera en el periodo de invierno no supera el 12%, la proporción de hojas varía entre el 55 y el 65% en base a la materia seca (bms) y la relación hoja – raíz entre 1,22 y 1,86.

Contenido de materia seca de la planta entera, las hojas y la raíz, proporción de hojas/raíz y rendimiento de la rutabaga en tres localidades de la zona templada. Valdivia, Osorno y Río Negro. Temporada 2014/2015.

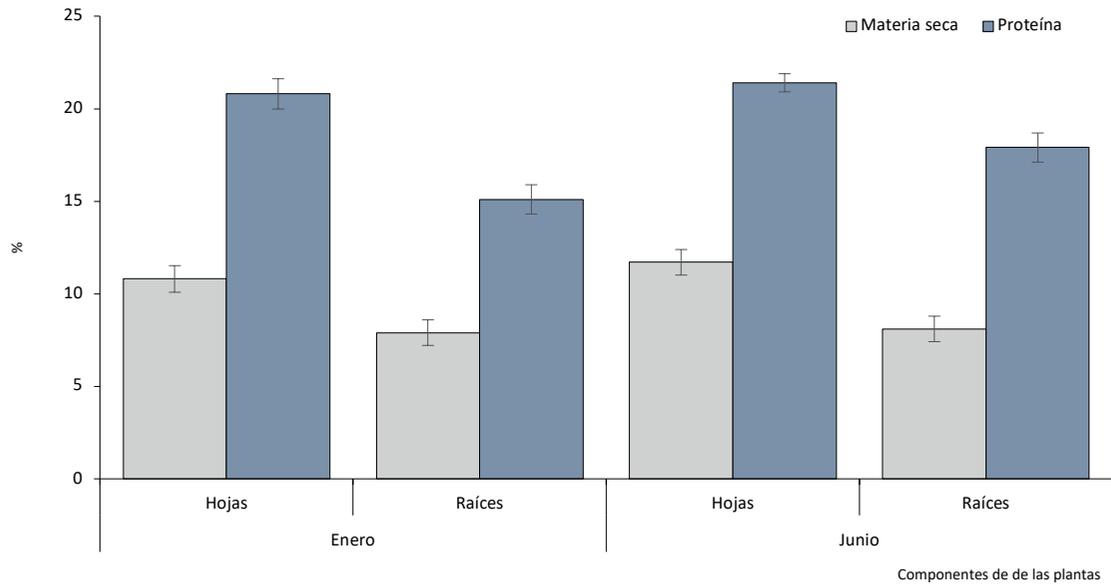
Parámetros	Valdivia	Osorno	Río Negro
Materia seca planta entera (%)	8,48	8,4	9,9
Materia seca hojas (%)	10,4	10,6	9,5
Materia seca raíz (%)	5,68	7,25	7,6
Hojas (% bms)	65	59	55
Raíz (% bms)	35	41	45
Relación hoja/raíz	1,86	1,44	1,22
Rendimiento (ton MS/ha)	12,87	16,54	18,62

Calidad nutricional

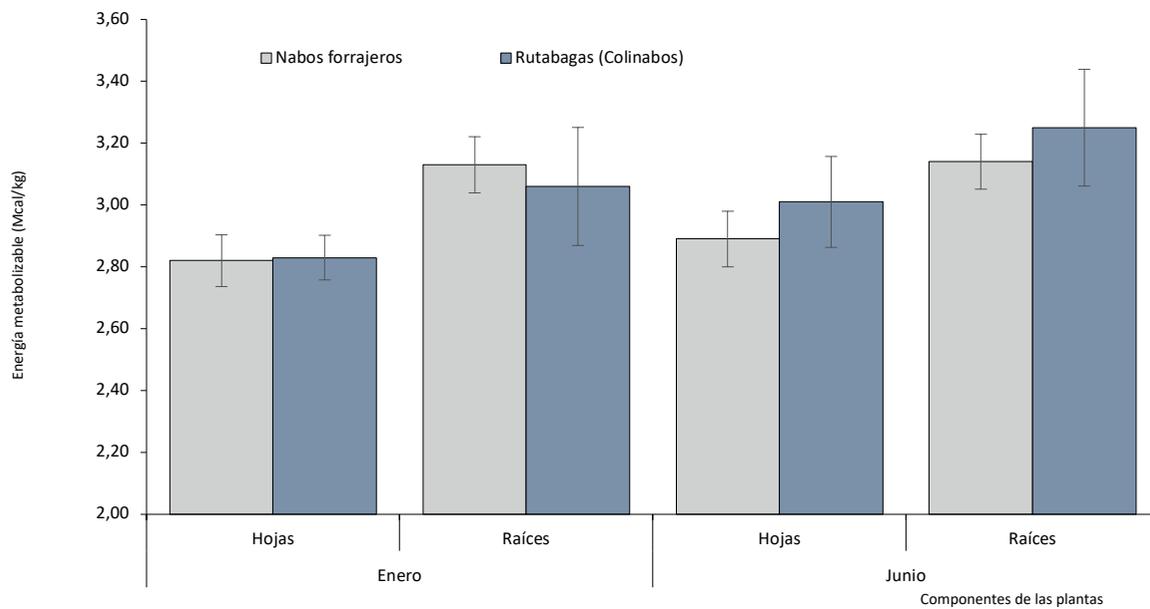
Esta especie produce un forraje de calidad, con bajo contenido de materia seca. En el tiempo de consumo en pastoreo, las plantas presentan en promedio entre 10 y 12% de materia seca, entre 8 y 14% de proteína cruda, entre 2,8 y 3,2 Mcal/kg MS, entre 75 y 85% de digestibilidad y entre 22 y 24% de FDN. En comparación con otras especies del mismo género, las rutabagas tienen un alto contenido de carbohidratos solubles en agua, lo que determina que la relación entre carbohidratos fermentables y carbohidratos estructurales sea mayor que en otras especies utilizadas en alimentación de rumiantes.

El contenido de nutrientes de las plantas depende del nivel de fertilidad del suelo, la nutrición de las plantas, que se puede realizar a través de fertilización orgánica o inorgánica, el cultivar, el estado fenológico y la proporción de los componentes de estas. En una medición realizada en la localidad de San José de la Mariquina, se demostró que las hojas de esta planta poseen un mayor contenido de materia seca y proteína que las raíces y que, dependiendo del momento de utilización, el contenido de energía es superior al proporcionado por los nabos.





Contenido de materia seca y proteína cruda en rutabagas medido en dos etapas del cultivo: enero y junio. San José de la Mariquina. Temporada 2006/2007.



Contenido en energía metabolizable (Mcal/kg) en hojas y raíces de nabos forrajeros y rutabagas medido en dos etapas del cultivo: enero y junio. San José de la Mariquina. Temporada 2006/2007.



Raps Forrajero

Brassica napus L. subsp. *biennis*

***Brassica napus* L. subsp. *biennis* (raps forrajero)**

El raps forrajero es una especie que proporciona forraje voluminoso de calidad. Este cultivo es una opción para pastoreo de verano, otoño e invierno. Desde siembra a primer pastoreo, se requieren entre 70 y 110 días. De acuerdo con las condiciones de fertilidad, época de uso y estado de las plantas post utilización, es posible lograr un rebrote que puede ser pastoreado en un tiempo no superior a 30 días.

Origen

Esta especie proviene del Asia Central (Tibet), Turquía, Hungría y Ucrania. Hoy se cultiva en todas las áreas templadas del mundo y en los trópicos de altura (1.500 a 2.000 msnm) (Hegi, 1986). En Chile, específicamente en la zona templada, se utiliza como planta forrajera desde hace dos décadas.

Descripción botánica

Brassica napus L. subsp. *biennis* se conoce como raps forrajero y en inglés forage rape. Pertenecce a la familia Brassicaceae, género *Brassica*, especie *Brassica rapa*. Desarrolla diversos tallos con hojas muy frondosas y una raíz pivotante. La planta puede ser cosechada en forma directa por los animales en pastoreo. Es tolerante a las bajas temperaturas invernales y constituye una opción para el pastoreo de verano, otoño e invierno.



Raíz pivotante y hojas frondosas son una de las características de esta especie.

Cultivo del raps forrajero

Requerimientos: El raps forrajero se adapta bien en una amplia gama de condiciones climáticas y de suelos. Se desarrolla en áreas donde se presenta precipitaciones entre 300 y 2.800 mm y responde a la fertilización que incluye nitrógeno, fósforo y, especialmente, azufre. Es sensible a la toxicidad por aluminio y manganeso en suelos ácidos y es relativamente tolerante a la salinidad del suelo (Zagal *et al.*, 2003). No tolera las inundaciones eventuales ni el mal drenaje de los suelos.

Rotación de cultivos: Esta es una especie que presenta diversos beneficios en los sistemas de rotación de cultivos. En primer término, tiene la particularidad de hacer un excelente uso de la fertilización residual que dejan otros cultivos menos eficientes en el uso de nutrientes. La rápida y activa exploración radical que lleva a cabo en menos de 60 días, le permite la absorción del nitrógeno disponible en el suelo de manera más eficiente que algunas especies forrajeras como las ballicas perennes y de rotación (Malagoli *et al.*, 2005).

Otra característica importante para su uso en los sistemas de rotación es su capacidad de mejorar las condiciones físicas del suelo y para reducir la presencia de patógenos. Su contenido en glucosinolatos contribuye a la biofumigación del suelo, que es un beneficio directo para cultivos posteriores (Morra & Kirkegaard, 2002; Matthiessen & Kirkegaard, 2006; García *et al.*, 2008).

Periodo de siembra: Existen dos épocas de establecimiento para esta especie. Debido a la velocidad de crecimiento que posee, es factible sembrar raps en el periodo comprendido entre los meses de octubre y diciembre, con el objetivo de utilizarlo en el verano y parte del otoño. En áreas de secano es posible adelantar la siembra al mes de septiembre.

Las siembras de verano, que se hacen entre los meses de enero y marzo, están restringidas a sectores de riego o suelos con suficiente humedad, lo que permite la germinación de las semillas, la emergencia y el desarrollo de las plantas. El raps sembrado en esta fecha tiene por objetivo utilizar este cultivo suplementario en pastoreo, durante el periodo de otoño e invierno.

Independientemente de la época de siembra, en el momento del establecimiento es necesario considerar que la temperatura del suelo sea igual o superior a 10°C. Con temperaturas inferiores la emergencia de las plántulas se retrasa, lo que produce una fuerte competencia con las malezas en las primeras etapas de desarrollo del cultivo. Esto es, particularmente importante debido a que existen pocas opciones de control post emergente.

Sistema de siembra: Se establece en sistema de labranza convencional, con preparación del suelo. Para lograr un buen establecimiento, la cama de semilla debe ser mullida y muy bien compactada. El barbecho químico, realizado con anticipación 40 días antes de la siembra, permite disminuir la carga de malezas, factor que es necesario considerar debido a que este cultivo, en sus primeras etapas de desarrollo, es muy poco agresivo y su tasa de crecimiento inicial es muy baja.

Dosis de semilla: La dosis depende de la calidad de la cama de semilla. En suelos muy bien mullidos y compactados, la dosis de semilla es entre 3 y 4 kilos/ha. En suelos con preparaciones deficientes es necesario aumentar las dosis a 4 ó 5 kilos de semillas/ha.

Cultivares: Los cultivares de raps forrajero se clasifican en gigantes y enanos. Ambos tipos son distintos a los raps destinados a producción de aceite. Los de tipo gigante presentan un crecimiento vertical con múltiples tallos y los de tipo enano son más cortos y ramificados. Todos los cultivares de raps son clasificados como precoces cuando el periodo de siembra hasta la primera utilización es entre 90 y 100 días. En siembra de primavera se pueden establecer cultivares de diversa precocidad; sin embargo, en las siembras de verano se prefieren los cultivares precoces.

Principales cultivares de rasp forrajero disponibles en el mercado nacional.

Cultivar	Capacidad de rebrote	Días entre siembra y utilización
Titan	Alta	70 - 90
Licapo	Baja	90 - 100
Spitfire	Alta	90 - 100
Pillar	Alta	90 - 110
Goliath	Alta	90 - 110
Interval	Alta	90 - 110

Fertilización: La corrección de la acidez del suelo, es una práctica necesaria en la siembra de raps forrajero. El objetivo de la corrección es generar en el suelo, al momento de la germinación de las plantas, un ambiente donde el pH del suelo sea superior a 6 y la saturación de aluminio inferior a 1%.

La enmienda se debe aplicar al menos con dos meses de anticipación al cultivo y en ella se debe considerar una proporción de 1:1 entre dolomita y sulfato de calcio (yeso). Por cada tonelada de dolomita que se aplique al suelo se produce un aumento de 0,2 puntos de pH. Además, por cada kilo de nitrógeno amoniacal que se aplique, se requieren 4 kilos de enmienda para neutralizarlo y evitar el incremento de la acidez en el suelo.

El Raps forrajero, es una planta de altos requerimiento de nutrientes. A la siembra, demanda una fertilización que considere 300 kilos de Superfosfato triple + 200 kilos de Sulpomag + 30 kilos de Boronatrocálcita por hectárea, equivalente a 530 kg/ha de la mezcla que contiene 26% fósforo, 8% potasio, 6% magnesio, 8% azufre y 0,1% boro. Debido que el boro es un elemento esencial para el desarrollo de este cultivo, se debe asperjar 1 litro de BoronMax, 1,5 litros de NBoron ó 750 gramos de Solubor/ha en 200 litros de agua, cuando las plantas posean las hojas totalmente expandidas y cubriendo el suelo.

La fertilización con nitrógeno (140 kilos Nitrógeno/ha), se aplica fraccionada: 50% post siembra y 50%, cuando el cultivo posea dos a tres hojas expandidas. No es recomendada las aplicaciones excesivas de nitrógeno al cultivo de raps forrajero, debido a que puede generar problemas de intoxicación por nitritos y nitratos.

Control de malezas: Existen diferentes opciones de control químico de malezas. En suelos con baja humedad, es recomendado el uso de herbicidas de pre siembra incorporados. En áreas de riego o con alta probabilidad de ocurrencia de precipitaciones de post siembra, es adecuado el uso de herbicidas de pre emergencia, los cuales se asperjan, inmediatamente después de la siembra.

En la post emergencia de las plantas se puede utilizar el control químico asperjando la mezcla de 200 cc Tordon 24 K + 300 cc Lontrel 3A + 100 cc LI 700/ha en 150 litros de agua. Esta fórmula, se aplica antes que las plantas tengan dos a tres

hojas verdaderas. En caso de presencia de gramíneas, las opciones de control son 1,5 litros de Galant Plus/ha ó 1 litro de Centurion Super/ha, ambos deben ser aplicados en 150 litros de agua.

Opciones de herbicidas pre siembra y pre emergente en el cultivo de raps forrajero.

Alternativa	Producto	Dosis	Aplicación
I	Trifluralina	2,5 litros/ha	pre siembra incorporado o pre emergencia
II	Butisan S	2 litros/ha	pre emergente
III	Proponit 720 EC	1,5 litros/ha	pre emergente

Control de plagas: Durante el desarrollo del cultivo, se presentan diversos ataques de insectos que afectan el desarrollo de las plantas. La mayoría de los insectos, generan importantes daños foliares, incluso en etapas iniciales de crecimiento. Pulgón, larvas minadoras y pilmes, pueden ser controlados con la aplicación de *Lambdacialotrina* en dosis de 160 cc de producto comercial/ha diluidos en 250 litros de agua.

La presencia de babosas es un problema que puede ocurrir en sectores húmedos, cuando hay exceso de material residual en superficie y la temperatura ambiente es alta. El uso de cebos pelletizados como Clartex o Toximol, en dosis de 6 kg/ha, puede aminorar el efecto sobre las plantas en hasta un 70%.

Utilización

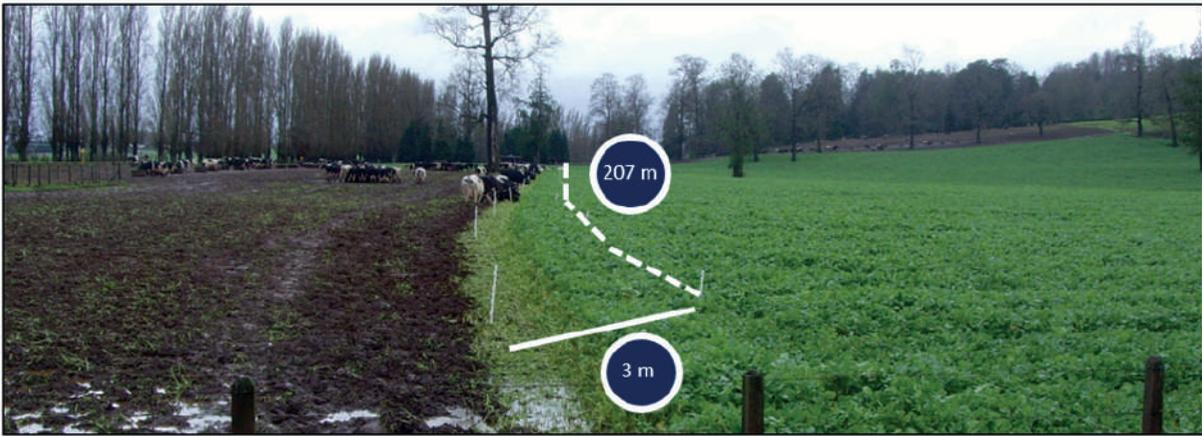
Se utiliza en pastoreo entre los meses de diciembre a agosto. Su explosivo crecimiento en primavera permite un primer pastoreo temprano a finales de diciembre y un rebrote, de menor disponibilidad, que es consumido entre enero y febrero. En siembras de verano, el consumo en pastoreo se realiza a partir del mes de mayo y se puede extender hasta agosto. El rebrote está supeditado a la severidad del uso y a las condiciones climáticas del invierno.

El pastoreo se realiza a través de franjas largas y angostas que permiten controlar el consumo diario. Los niveles de consumo no superan los 5 kilos de materia seca por animal adulto, cantidad que habitualmente es consumida en tres horas.

Está comprobado el alto grado de aceptación de esta especie por los animales. Mediciones de predilección han demostrado que el raps forrajero es preferido por el ganado sobre otras alternativas. Su buen valor nutritivo y alto rendimiento permiten reducir el consumo de alimentos concentrados, mejorar el nivel de producción de leche y reducir los costos de alimentación del ganado (García *et al.*, 2008).



Cálculo de franja diaria

Establecer el consumo (Demanda) del rebaño en función de la especie y restricciones			
1	Cultivo: Raps Forrajero		
	Número de animales	100	N°
	Consumo por animal	5	Kg MS/Animal/día
	Consumo materia seca del rebaño (N° Animales x kg MS/animal/día)	500	Kg MS/día
Determinar el rendimiento del cultivo (oferta)			
2	Peso verde (PV) de 1 m ²	10	kg Materia Verde/ m ²
	Kg Materia Verde/ha (PV m ² x 10.000)	100.000	Kg Materia Verde/ha
	Porcentaje de materia seca al momento del corte	10%	
	Rendimiento (Kg Materia Verde/ha x %MS)	10.000	kg MS/ha
	*Aplicar factor de eficiencia de uso (Rendimiento x 90%)	9.000	kg MS/ha
Cálculo superficie de pastoreo (Demanda/oferta)			
3	Demanda del rebaño	500	Kg MS/día
	Oferta del rebaño	9.000	kg MS/ha
	Superficie de pastoreo (Demanda/Oferta)	0,06	ha/día
	Superficie m ² (há/día x 10.000)	556	m ² /día
Asignación del cerco eléctrico			
La ubicación del cerco eléctrico dependerá de las condiciones particulares del terreno y se deben considerar franjas largas y angostas con el objetivo de incrementar la eficiencia de utilización.			
4			
	El cerco eléctrico se debe mover 2 veces respecto al ancho calculado con el objetivo de favorecer el consumo y reducir pérdidas por pisoteo y bosteo		
Consideraciones			
5	Para el pesaje del cuadrante (1 m ²), considerar una altura de corte de 5 cm desde el suelo Medir la MS del cultivo en aquellas etapas iniciales, máximo desarrollo y finales del cultivo para ajustar el rendimiento y oferta *El cálculo se consideró una eficiencia de 90%, sin embargo, esta puede variar según la adaptación a factores edafoclimático y de manejo		

Restricción de consumo: Durante el periodo de consumo en pastoreo, el exceso de ingesta puede provocar problemas gastrointestinales, fotosensibilidad, meteorismo y hemoglobinuria. Parte de estos problemas, son generados por la presencia de glucosinolatos, además de otros compuestos azufrados que producen efectos perjudiciales en la salud de los animales y en el nivel productivo de éstos.

Los niveles excesivos de S-metil cisteína sulfóxido en la planta se producen cuando en el suelo existe bajo nivel de fósforo y alta disponibilidad de nitrógeno y azufre. También se incrementan estos compuestos cuando la planta se encuentra en floración. Para reducir los problemas producidos por los compuestos anti nutricionales que tiene esta especie, se sugiere regular las aplicaciones de nitrógeno y azufre, además de suplementar al ganado de forma permanente con proteína y fibra (Barry, 2013). Por otro lado, no es adecuado que los animales consuman las plantas en el periodo de floración.

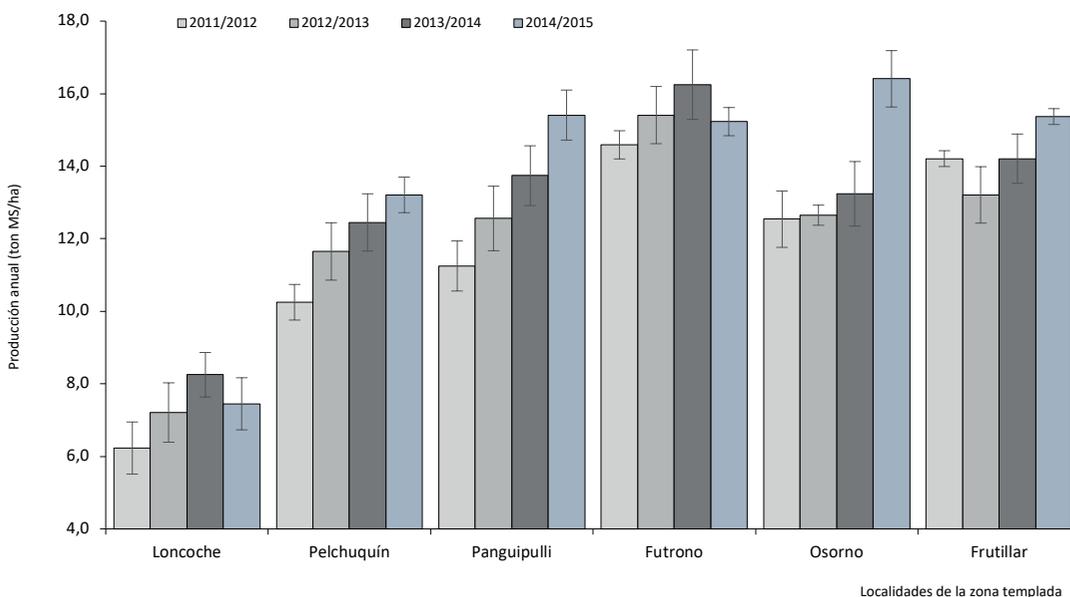
Hay evidencias de que la inclusión de raps forrajero en la dieta de los animales no debería superar el 70%. Sin embargo, con niveles superiores al 30% hay un riesgo mayor de que se produzcan problemas metabólicos como es el bocio y la anemia

(Genever, 2015). Esto determina que los animales que consumen esta especie deben ser alimentados con dietas ricas en fibra efectiva y con niveles no superiores al 30% en base a materia seca.

Producción

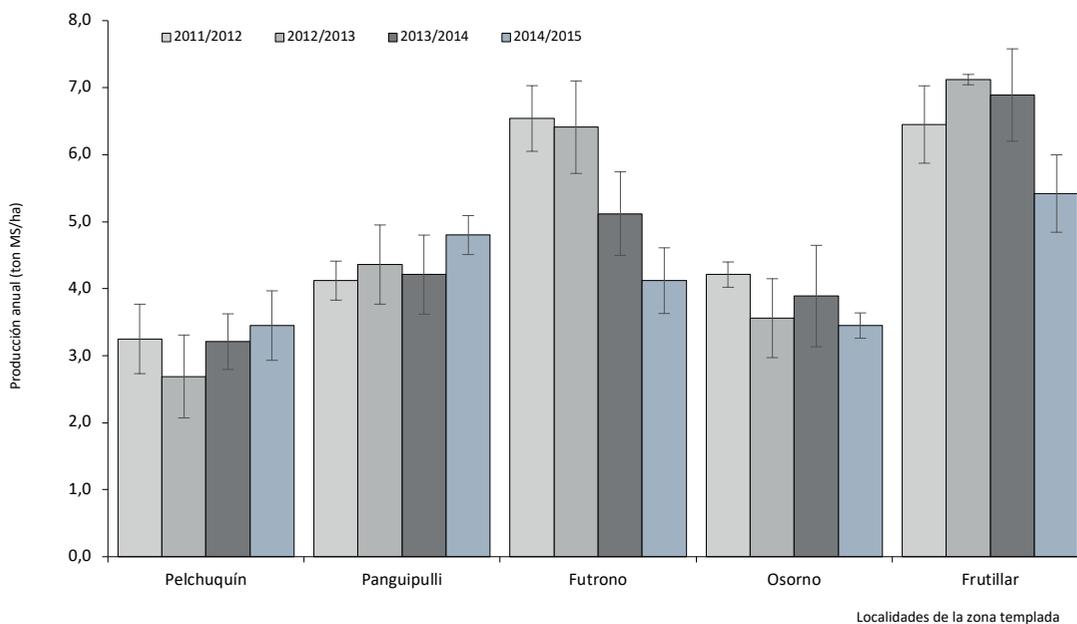
La época de siembra, la nutrición de plantas, las condiciones climáticas, el momento y el número de utilizaciones, determinan la producción anual del raps forrajero. En siembras tempranas de primavera, con una sola utilización, es factible alcanzar una producción entre 14 y 16 ton MS/ha. Cuando se realizan dos utilizaciones, el rendimiento se puede mantener o reducir, dependiendo de las condiciones del cultivo post pastoreo.

En siembras de verano la producción es menor y suele ubicarse entre 6 y 12 ton MS/ha. El consumo en invierno se encuentra limitado por las condiciones del terreno y el rebrote; habitualmente no logra una producción que permita un consumo importante.



Producción de raps forrajero sembrado en primavera en seis localidades de la zona templada. Periodo 2011/2015.

Coefficiente variación: 9,25%



Producción de raps forrajero sembrado en verano en cinco localidades de la zona templada. Periodo 2011/2015.

Coefficiente de variación: 8,98%

Calidad nutricional

Entre las especies de brassicas que se utilizan en alimentación de rumiantes, el raps forrajero presenta el mayor contenido de proteína, aunque tiene bajo contenido de carbohidratos solubles y fibra. En mediciones realizadas en la zona templada, los valores referidos a materia seca fluctuaron entre 8 y 14% de proteína cruda, entre 12 y 19% de FDN y entre 2,8 y 3,2 Mcal/kg MS de energía metabolizable.

Emisiones de N₂O

En el mundo existen evidencias de la influencia que tienen las deposiciones de orina en los sistemas pastoriles sobre la pérdida de nitrógeno inorgánico en el agua y aire, en particular, las emisiones de óxido nitroso (N₂O), que es un gas con efecto invernadero (Mackay, 2008). Las pérdidas de nitrógeno a través de la lixiviación, volatilización de amoníaco y producción de óxido nitroso (N₂O) son características de los sistemas de pastoreo y se derivan, principalmente, de las excretas depositadas por los animales (Saggar *et al.*, 2008). A nivel mundial, aproximadamente el 40% de las emisiones agrícolas de N₂O se atribuyen a las producidas a partir de la orina y el estiércol depositados en los pastizales por animales de pastoreo (Oenema *et al.*, 2005).

En un estudio reciente se puso de manifiesto que el factor de emisión de N₂O para la orina de ovejas alimentadas con raps forrajero era menor que el de la orina de las ovejas alimentadas con pasturas de gramíneas más trébol blanco (Luo *et al.*, 2015). La razón de esta diferencia se relacionaba con la presencia de glucosinolatos en la orina de las ovejas alimentadas con brassicas que podrían tener un impacto en las comunidades microbianas del suelo responsables de la nitrificación y la desnitrificación. Esto sugiere que no solo el raps forrajero, sino que todas las brassicas en general, podrían ser una alternativa de mitigación de las emisiones de N₂O (Snyder *et al.*, 2010). De forma similar se ha demostrado que los animales alimentados con brassicas tienen menores emisiones de metano por unidad de materia seca (Sun *et al.*, 2012).





Col Forrajera

Brassica oleracea L. subsp. *acephala*

Col forrajera (*Brassica oleracea* L. subsp. *acephala*)

Las coles forrajeras son una fuente alternativa de forraje que se ofrece a los animales en pastoreo en el periodo de otoño e invierno. Tienen la capacidad de acumular una gran cantidad de materia seca (> 15 ton MS/ha) manteniendo una excelente calidad (3,2 a 3,4 Mcal/kg MS). En pastoreo o soiling son una opción para sistemas de producción ganaderos que registran baja disponibilidad de forraje en los meses entre abril y agosto, constituyendo un excelente complemento a los alimentos fibrosos.

Origen

Las especies de la familia Brassicaceae constituyen uno de los grupos de plantas económicamente más importantes del mundo. Hay plantas tóxicas, hortalizas de hoja y raíz, semillas oleaginosas, cultivos de condimentos y especies de uso forrajero. La familia Brassicaceae contiene más de 338 géneros y 3.709 especies (Al-Shehbaz *et al.*, 2006; Warwick *et al.*, 2006). Esta especie tiene su origen en la cuenca mediterránea y en el sudeste asiático. Se cree que el centro geográfico se encuentra en la región del sudoeste del mediterráneo (Argelia, Marruecos y España), donde se ha demostrado que unos 40 géneros de la familia Brassicaceae son endémicos y tienen la máxima diversidad (Al-Shehbaz *et al.*, 2006; Warwick & Hall, 2009).

En Chile se cree que ingresó a finales del siglo XIX o inicios del XX con los colonos alemanes llegados a la zona templada, quienes la cultivaron para forraje verde para alimentar a sus animales en otoño e invierno, utilizándolas como soiling o en pastoreo (Águila, 1997).

Descripción botánica

Es una especie perteneciente a la familia Brassicaceae, género *Brassica*, especie *Brassica oleracea* L. subsp. *acephala*. Su nombre común es col forrajera y en inglés *kale*. Es una planta bienal, suculenta, glabra, con raíz axonomorfa. Forma una roseta con hojas grandes, glaucas y nervios prominentes. Las hojas basales son pecioladas, liradas, con uno o dos segmentos laterales. Las plantas, de mediana altura, presentan un crecimiento erecto, donde el follaje es sostenido por un tallo suculento de alta palatabilidad. Sus flores son de color amarillo, agrupadas en racimos y presentan sépalos erectos. Las flores abiertas sobrepasan a los botones florales del extremo del racimo. El fruto corresponde a una silicua (White *et al.*, 1999; Charlton & Stewart, 2006; De Ruiter *et al.*, 2009).

Cultivo de la col forrajera

Rotación de cultivos: Las coles, al igual que todas las especies forrajeras del género *Brassica*, son una opción para el inicio de un programa de mejoramiento de pasturas, porque se pueden sembrar como cabecera de rotación. El cultivo de coles se puede repetir en el mismo potrero por dos temporadas, ya que los cultivares que se comercializan en Chile, son tolerantes a enfermedades tales como la hernia de las coles y la pudrición seca.

Periodo de siembra: La siembra se extiende desde el mes de septiembre hasta mediados de noviembre. En áreas de secano, con baja disponibilidad hídrica en verano, el establecimiento se limita al mes de septiembre. En sectores de riego o con humedad de verano, la siembra se realiza entre el mes de octubre y la segunda semana de noviembre. Independientemente de la fecha de siembra, para lograr una adecuada emergencia y desarrollo inicial de las plantas, la temperatura del suelo debe estar por encima de los 10°C. Temperaturas inferiores retrasan la emergencia y producen una fuerte competencia con las especies residentes, que son habitualmente de difícil control posterior.

Sistema de siembra: Las coles se pueden establecer en sistemas de labranza convencional con preparación completa del suelo o en cero labranza. No se utilizan los sistemas de mínima labor o cero labranza en suelos compactados, debido a que se reduce la capacidad de las raíces de explorar el suelo y, con ello, la capacidad productiva.



La regulación de la profundidad de siembra y el paso del rodón son prácticas necesarias para lograr una adecuada emergencia de las planta de coles forrajeras.

Los antiguos cultivares de coles forrajeras eran de gran altura (> 1,5 m), con predominio de tallos gruesos y fibrosos. Estos cultivares se sembraban con máquinas cerealeras convencionales, a surco por medio (35 cm distancia entre hilera), para posteriormente ser cosechados para soiling con máquinas con cabezal maicero. Los actuales cultivares se siembran con las mismas máquinas, a surco seguido e incluso a distancia entre hilera de 15 cm debido a que las plantas serán pastoreadas y en la arquitectura de éstas dominarán las hojas por sobre los tallos.

Dosis de semilla: La dosis recomendada es de entre 3 y 4 kg/ha. La dosis menor (3 kg/ha) se utiliza en siembras con camas de semilla bien acondicionadas (mullidas). Dosis igual o mayores a 4 kg/ha solo se consideran en los sistemas de cero labranza o bien cuando se retrasa la época de siembra o cuando las condiciones de preparación de suelo son defectuosas. Para contar con una rápida cobertura del suelo, se prefieren las siembras al voleo (en suelos con un nivel de fósforo superior a 25 mg/kg) o a distancia entre hileras de 12 ó 15 cm.

Cultivares: En el mundo los cultivares han evolucionado hacia la obtención de materiales con mejor digestibilidad de sus tallos y plantas con mayor relación hoja/tallo. En Chile los cultivares utilizados hace 60 años se caracterizaban por presentar una relación hoja/tallo inferior al 20%. Un ejemplo de este tipo de cultivar fue Cheumollier, que a nivel experimental logró rendimientos de 27 ton MS/ha. Sin embargo, su relación hoja/tallo no superaba el 17% y en el momento de la cosecha alcanzaba una altura de 1,8 metros (Teuber, 1985). Con la selección en Europa y Nueva Zelanda de nuevas líneas basadas en la mejora de la digestibilidad de los tallos y de la relación hoja/tallo, se desarrollaron cultivares de menor altura y con una proporción de hojas superior al 60%. El primer cultivar creado con estas características fue Maris Kestrel y a partir de éste se desarrollaron una serie de nuevos cultivares en el Plant Breeding Institute de Cambridge, Reino Unido (Gowers & Armstrong, 1994).

En la actualidad los cultivares que se comercializan en Chile son en su mayoría de procedencia neozelandesa y se caracterizan por presentar una altura mediana y buena digestibilidad de la planta completa. Estos cultivares desarrollados para sistemas pastoriles son consumidos de forma completa por los animales en pastoreo.

Principales cultivares de col forrajera utilizados en la zona templada.

Cultivar	Proporción de hojas	Días siembra - utilización
Bombardier	> 50%	100 - 170
Coleor	> 45%	130 - 160
Sovereign	> 40%	130 - 160
Regal	> 45%	150 - 220
SovGold	> 50%	180 - 220
Elba	> 50%	180 - 220
Voltage	> 60%	180 - 220

Fertilización: Al igual que todas las especies del género *Brassica*, las plantas son sensibles a la acidez del suelo. Para su corrección se deben aplicar enmiendas calcáreas que incrementen el pH a un nivel cercano a seis y reduzcan el porcentaje de saturación de aluminio a un valor inferior al 1%. La enmienda se aplica con, al menos, 60 días de antelación a la siembra y en ella se utiliza una proporción de 1:1 entre carbonato de calcio y magnesio (dolomita) y sulfato de calcio (yeso). Por cada kilo de nitrógeno amoniacal aplicado al cultivo, se adicionan cuatro kilos de enmienda para neutralizarlo y evitar el incremento de la acidez en el suelo.

Además del nitrógeno, otros dos nutrientes son fundamentales para el desarrollo adecuado del cultivo en los suelos de origen volcánico: boro y fósforo. En mediciones realizadas por Bernier y Meneses (1983) se demostró que la ausencia de fertilización con fósforo redujo en un 57% la producción de col forrajera. La falta de boro provocó una disminución de un 77% en el rendimiento. La corrección del fósforo se realiza con aplicaciones localizadas al surco de siembra y para el caso del boro, existen aplicaciones granuladas al surco de siembra o aspersiones de productos líquidos en plantas con sus hojas expandidas y cobertura total del suelo.

Efecto de la no aplicación de nutrientes en la producción de col forrajera en un andisol de la zona de Osorno.

Nutrientes	Producción (ton MS/ha)	Reducción de rendimiento (%)
NPKSB	11,5	0
Sin N	10,4	10
Sin S	10,3	10
Sin K	9,1	21
Sin B	5,0	57
Sin P	2,7	77

Fuente: Bernier & Meneses, 1983.

En términos generales y considerando un suelo promedio de la zona templada, una fertilización balanceada de siembra debe incluir una mezcla de 300 kilos de Superfosfato triple + 200 kilos de Sulpomag + 30 kilos de Boronatrocalcita por hectárea, equivalente a 530 kg/ha de la mezcla cuya formulación sea 26% fósforo, 8% potasio, 6% magnesio, 8% azufre y 0,1% boro.

La fertilización con nitrógeno (140 kilos Nitrógeno/ha), es necesario parcializarla: 50% post siembra y 50% cuando el cultivo posea dos a tres hojas expandidas. En el caso de uso de nitrógenos de lenta entrega, es posible aplicar todo el nitrógeno post siembra, dado que el proceso de liberación será lento y demorará entre 90 a 120 días.

Debido a que el boro es un elemento esencial para el desarrollo de este cultivo, además de la aplicación al suelo, se debe asperjar 1 litro de BoronMax, 1,5 litros de NBoron ó 750 gramos de Solubor/ha en 200 litros de agua, cuando las plantas posean las hojas totalmente expandidas y cubriendo el suelo.

Control de malezas: Las opciones de control de malezas consideran la aplicación de herbicidas de pre siembra incorporado, especialmente indicada para suelos con baja humedad y de post emergencia, para áreas donde la ocurrencia de precipitaciones de post siembra es frecuente.

Opciones de herbicidas pre siembra y pre emergente en el cultivo de Col Forrajera

Alternativa	Producto	Dosis	Aplicación
I	Trifluralina	2,5 litros/ha	pre siembra incorporado o pre emergencia
II	Butisan S	2 litros/ha	pre emergente
III	Proponit 720 EC	1,5 litros/ha	pre emergente

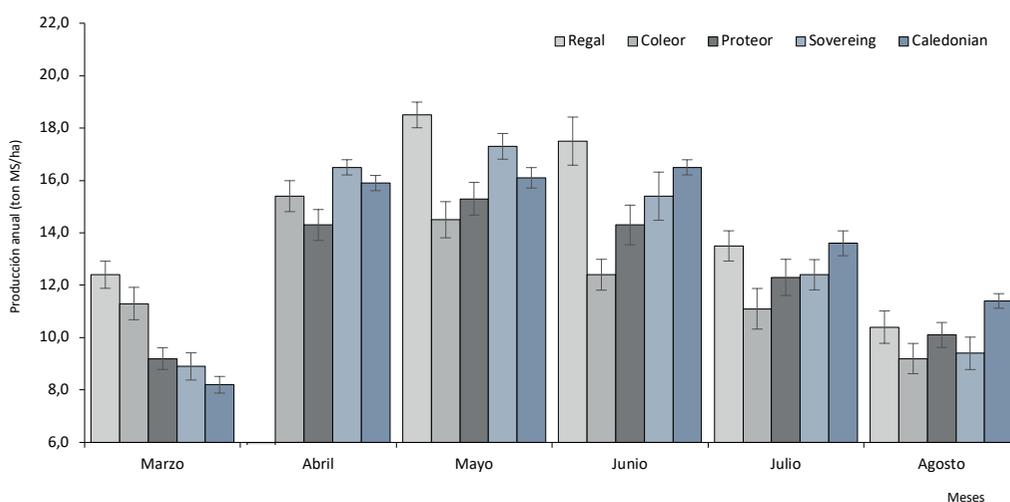
En la post emergencia de las plantas se puede utilizar el control químico con la mezcla de los siguientes herbicidas, 200 cc Tordon 24 K + 300 cc Lontrel 3A + 100 cc LI 700/ha en 150 litros de agua. Esta fórmula, se aplica antes que las plantas cubran la totalidad del suelo. Ante la presencia de gramíneas, las opciones de control de malezas son 1,5 litros de Galant Plus/ha ó 1 litro de Centurion Super/ha, aplicados en 150 litros de agua.

Control de plagas: Es habitual que durante el desarrollo del cultivo se presenten diversos ataques de insectos que afectan el desarrollo de las plantas. La mayoría de los insectos generan importantes daños foliares, incluso en las etapas iniciales de crecimiento. Pulgón, larvas minadoras y pilmes pueden ser controlados con la aplicación de *Lambdacialotrina* en dosis de 160 cc de producto comercial (Karate Zeon 050 CS o Zero 5 EC)/ha diluidos en 250 litros de agua.

También la presencia de babosas puede ser un problema en sectores húmedos y que presentan residuos del pre cultivo en la superficie del suelo. Este inconveniente ocurre con frecuencia en sistemas de siembra de cero labranza. El uso de cebos pelletizados como Clartex o Toximol, en dosis de 6 kg/ha, puede aminorar el efecto sobre las plantas hasta en un 70%.

Producción

La capacidad productiva de la col forrajera en la zona templada ha sido demostrada por diversos estudios. Mediciones realizadas con antiguos cultivares de baja proporción de hojas (< 20%) lograban rendimientos superiores a 20 ton MS/ha y en cultivares con proporciones entre el 25 y 35% de hojas, la producción era inferior a 15 ton MS/ha (Teuber, 1985).



Efecto de la época de utilización en la producción de cinco cultivares de col forrajera sembrada en octubre en la zona templada. Estación Experimental Maquehue, Universidad de La Frontera, Temuco. Promedio de tres temporadas. 2014 – 2016.

En las nuevas generaciones de cultivares, en cuya arquitectura dominan las hojas (>60%), la producción alcanza valores de entre 16 y 22 ton MS/ha, cifra que se relaciona con la nutrición de las plantas, la disponibilidad de agua y el momento de utilización.

Utilización

Los animales consumen el forraje en pastoreo, con uso de franjas que permiten controlar el consumo. Los niveles de consumo diario no superan los cinco kilos de materia seca por animal, cantidad que habitualmente es consumida en tres horas.

Cálculo de franja diaria

Establecer el consumo (Demanda) del rebaño en función de la especie y restricciones			
1	Cultivo: Col Forrajera		
	Número de animales	100	N°
	Consumo por animal	5	Kg MS/Animal/día
	Consumo materia seca del rebaño (N° Animales x kg MS/animal/día)	500	Kg MS/día
Determinar el rendimiento del cultivo (oferta)			
2	Peso verde (PV) de 1 m ²	12	kg Materia Verde/ m ²
	Kg Materia Verde/ha (PV m ² x 10.000)	120.000	Kg Materia Verde/ha
	Porcentaje de materia seca al momento del corte	10%	
	Rendimiento (Kg Materia Verde/ha x %MS)	12.000	kg MS/ha
	*Aplicar factor de eficiencia de uso (Rendimiento x 80%)	9.600	kg MS/ha
Cálculo superficie de pastoreo (Demanda/oferta)			
3	Demanda del rebaño	500	Kg MS/día
	Oferta del rebaño	9.600	kg MS/ha
	Superficie de pastoreo (Demanda/Oferta)	0,05	ha/día
	Superficie m ² (há/día x 10.000)	521	m ² /día
Asignación del cerco eléctrico			
4	La ubicación del cerco eléctrico dependerá de las condiciones particulares del terreno y se deben considerar franjas largas y angostas con el objetivo de incrementar la eficiencia de utilización.		
			
El cerco eléctrico se debe mover 2 veces respecto al ancho calculado con el objetivo de favorecer el consumo y reducir pérdidas por pisoteo y bosteo			
Consideraciones			
5	Para el pesaje del cuadrante (1 m ²), considerar una altura de corte de 20 cm desde el suelo		
	Medir la MS del cultivo en aquellas etapas iniciales, máximo desarrollo y finales del cultivo para ajustar el rendimiento y oferta		
	*El cálculo se consideró una eficiencia de 80%, sin embargo, esta puede variar según la adaptación a factores edafoclimático y de manejo		

Restricción de consumo: El consumo prolongado y excesivo de la col forrajera puede conducir al animal a presentar problemas metabólicos (bocio y anemia) que pueden producir la muerte. Las causas de estos problemas se relacionan con el consumo exagerado del aminoácido sulfóxido de S-metil cisteína (SMCO) presente en las plantas. La concentración de SMCO aumenta en la planta cuando esta se desarrolla en suelos con bajo nivel de fósforo y al cultivo se le adicionan altas dosis de nitrógeno y azufre. El nivel de SMCO en la planta no es uniforme y se ha demostrado que su concentración es mayor en hojas juveniles y plantas en floración (Genever, 2015).



Utilización de coles en pastoreo. La fibra es entregada a través de ensilaje de gramíneas y paja de cereales.

Calidad nutricional

Las plantas presentan durante todo el periodo productivo alta palatabilidad. El aporte de las hojas al total de la materia seca fluctúa entre el 60 y el 80%. En mediciones desarrolladas durante cinco años en predios que utilizan este recurso forrajero para suplementación invernal, se demostró el bajo contenido de materia seca y fibra que poseen las plantas en el momento del pastoreo.

Composición nutricional de col forrajera utilizada en pastoreo en la zona templada. Promedio del periodo 2012 – 2016.

Parámetro	Contenido
Materia seca (%)	9,8 - 15,9
Proteína cruda (%)	10,1 - 16,7
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2,82 - 3,34
Digestibilidad de la MS (%)	68,5 - 75,6
FDN (%)	19,4 - 22,1
FDA (%)	11,8 - 13,5
Carbohidratos solubles en agua (%)	16,2 - 18,5
Cenizas (%)	12,8 - 15,6



Remolacha Forrajera

Beta vulgaris L. subsp. *vulgaris*

***Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* (remolacha forrajera)**

La utilización de la remolacha forrajera (*Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*) para alimentación del ganado data de más de 500 años en Europa, desde donde se expandió con la colonización a América y Oceanía (Henry, 2010). En Chile, la remolacha forrajera tuvo su máxima expansión a finales del siglo XX, periodo en el que fue utilizada como suplemento de invierno en algunos predios lecheros de la zona templada.

El interés por esta especie en la zona templada se basó en la necesidad de obtener una producción superior respecto a cultivos de invierno como avena, ballica de rotación, colinabos, coles y raps forrajero. Además, en esta zona existía un gran conocimiento del cultivo destinado a la producción de remolacha azucarera y existencia de maquinaria especializada para la siembra. Las experiencias de campo demostraron que esta especie podía alcanzar rendimientos superiores a 25 ton MS/ha. Su utilización principal fue a través de soiling, donde las plantas se extraían de forma manual y se entregaban a los animales en patios de alimentación y comederos en potreros, en que las raíces eran partidas para facilitar su consumo. La creencia de que algunas toxinas y la alta concentración de ácido oxálico en la corona y la raíz de la planta podían producir daño a la salud de las vacas, determinaba en aquella época que la oferta diaria no superara los 5 kg MS/vaca/día. Estas ideas limitaron el uso masivo del cultivo debido a que esta complejidad en la alimentación podía causar la muerte de los animales.

En las últimas dos décadas ha existido un revitalizado interés por el uso de este recurso forrajero en invierno, después de que se descubriera en Nueva Zelanda que el mal manejo de pastoreo era la causa de los problemas de acidosis con muerte de los animales y no la toxicidad de las plantas. Utilizando un método simple de pastoreo de transición, fue posible incluir con éxito este recurso sin grandes restricciones en la alimentación de invierno (Gibbs, 2011; Gibbs & Saldias, 2014).

Basado en estos antecedentes, en la última década se ha vuelto a introducir el cultivo de remolacha forrajera en la zona templada de Chile, donde su principal utilización ha sido la alimentación invernal de vacas en periodo seco, vaquillas pre encaste, encaste y preñadas. Además, se ha incluido con éxito en dietas de mantención invernal de animales de carne.

Origen

Las formas silvestres de *Beta vulgaris* L. se encuentran a lo largo de la costa mediterránea y se extienden hacia el este hasta Indonesia y hacia el oeste a lo largo de la costa atlántica, islas Canarias y sur de Noruega. *Beta vulgaris* L., se cultivó por sus hojas en el mediterráneo oriental y oriente medio y se menciona por primera vez en la literatura de Mesopotamia en el siglo IX a.C. (Lange *et al.*, 1999). Se utilizó como alimento para el ganado en Grecia, 500 años a.C. En Europa continental, la remolacha azucarera (*Beta vulgaris* L. subsp. *maritima*) se obtuvo de la remolacha forrajera durante el siglo XIX, después de los bloqueos a la caña de azúcar realizados por los ingleses durante las guerras napoleónicas (Henry, 2010).

Descripción botánica

Pertenece a la familia Amaranthaceae, subfamilia Betoideae, género *Beta*, especie *Beta vulgaris* L. Su nombre común es remolacha forrajera, en inglés *fodder beet* y se trata de una planta monoica, bienal, con hojas basales grandes, flores agrupadas en glomérulos y raíz engrosada y carnosa que sobresale del suelo. El tamaño, la forma y el color de la raíz son variables y dependen del cultivar. Las raíces de los cultivares de forraje tienden a estar menos enterradas (unas dos terceras partes) que la de los cultivares utilizados para la extracción de azúcar. Las hojas, de color verde oscuro y en forma de corazón, nacen en una roseta que se extiende horizontalmente. Una vez transcurridas las horas de frío necesarias, las plantas emiten el tallo floral, con flores de color verde, bi sexuales y sin pétalos (Henry, 2010).



Remolacha forrajera en la etapa de engrosamiento de la raíz.

Cultivo de la remolacha forrajera

Cultivares: En el mercado hay tres tipos de remolacha forrajera: *fodder beet*, *mangel beet* o *mangold beet* y *sugar beet*. Sus principales diferencias se encuentran en la zona de crecimiento de la raíz, contenido de materia seca y facilidad de consumo.

Las de tipo *fodder beet* tienen sus raíces en un 50% sobre el suelo. Este tipo presenta una raíz muy consistente y apta para consumo en pastoreo del animal adulto, con dentadura formada y firme. El contenido de materia seca fluctúa entre un 14 y 16%. La mayoría de los cultivares comercializados en Chile corresponden a este tipo.

Cultivares de *Beta vulgaris* L. subsp. *Vulgaris* ordenados según el tipo de semilla, color de la raíz y tipo de planta.

Cultivar	Tipo de semilla	Color de la raíz	Tipo de planta
Brigadier	Monogérmica*	Anaranjada	Mangel beet
Cerice	Monogérmica**	Amarilla	Fooder beet
Feldherr	Monogérmica**	Anaranjada	Fooder beet
Gerónimo	Monogérmica**	Anaranjada	Fooder beet
Kyros	Monogérmica**	Anaranjada	Fooder beet
Rivage	Monogérmica**	Anaranjada	Fooder beet
Robbos	Monogérmica**	Anaranjada	Fooder beet
Fortimo	Monogérmica**	Roja	Fooder beet
Lipari	Monogérmica**	Roja	Fooder beet
Monro	Monogérmica**	Roja	Fooder beet
Gitty	Monogérmica**	Roja/Blanca	Fooder beet

(*) Semilla monogérmica técnica
 (**) Semilla monogérmica genética

Las remolachas de tipo *mangel beet* son plantas cuyas raíces tienen un crecimiento entre 55 y 70% sobre el suelo. Sus raíces son blandas, muy palatables y aptas para el consumo en pastoreo de animales en crecimiento, esto es, terneros, vaquillas y novillos. Tienen un contenido de materia seca entre 10 y 13%. El único cultivar de este tipo que existe en el mercado es Brigadier, que tiene semillas monogérmica técnica, lo que acentúa la heterogeneidad de la emergencia de sus plántulas (Gibbs, 2014).

Los cultivares de tipo *sugar beet* están seleccionados para arranque y no para pastoreo. Tienen una emergencia homogénea y sus raíces se ubican, en su mayor parte, bajo el suelo y el contenido de materia seca de las plantas es superior al 20%.



Forma y color de las raíces son elementos diferenciadores entre cultivares de remolacha forrajera.

Requerimientos del cultivo: Esta especie es susceptible a la acidez del suelo y para su adecuado desarrollo requiere un pH superior a 6,2. Las plantas establecidas en suelos ácidos presentan en sus hojas un característico color amarillo. Para corregir la acidez del suelo se debe utilizar la aplicación de enmiendas calcáreas, considerando siempre la disponibilidad de boro en el suelo. La deficiencia de boro genera en las plantas el “corazón negro”, caracterizado por la presencia de manchas negras, con tejido necrótico, en el interior y exterior de la raíz.

La remolacha forrajera es tolerante al estrés hídrico y puede crecer a temperaturas entre 8 y 25°C. Las heladas por debajo de -3°C dañan y causan la muerte de plántulas (Henry, 2010).

Rotación de cultivo: En la selección del potrero de siembra hay que tener en cuenta aspectos físicos, químicos y de contaminación por pesticidas. Esta especie es una de las más sensibles a algunos herbicidas residuales que permanecen por más de seis meses en el suelo. Entre los productos residuales que más daño causan al cultivo de la remolacha se encuentran el Picloran (Tordon), el Oxifluorfen (Tango o Goal) y la Atrazina. Los síntomas de toxicidad son evidentes y las plantas tendrán un retraso importante en la emergencia, presentando opacidad, coloración roja a marrón y aspecto arrugado.

Según las recomendaciones de empresas IANSA (2014), la que tiene una vasta experiencia en la producción, desarrollo y procesamiento de la remolacha, existe un tiempo mínimo entre la última aplicación de algunos herbicidas y la siembra de remolacha, donde destacan: Acetaclor (3 meses), Simazina (8 meses), Picloram (12 meses), Trifluralina (12 meses), Clomazone (15 meses), Nicosulfuron (10 a 18 meses), Triasulfuron (10 a 24 meses), Oxyfluorfen (2 a 10 meses), Atrazina (6 a 10 meses) y Metsulfuron metil (6 a 30 meses). Es por esta razón que, para evitar problemas de toxicidad, es adecuado mantener una rotación de cultivo cada tres años, procurando colocar cultivos previos que requieran baja carga de herbicidas. Además, la rotación de tres o más años permite reducir la ocurrencia de enfermedades (Rhizoctonia) y plagas específicas de la remolacha.

Periodo de siembra: Se extiende desde el mes de septiembre a noviembre. Una buena germinación y adecuada emergencia de las plantas se logra en suelos mullidos, con humedad y temperatura similar o superior a 8°C.

Sistema de siembra: El establecimiento se realiza con preparación de suelo donde es fundamental el paso de arado subsolador. La cama de semilla debe quedar muy bien mullida y el paso del rodón solo se realiza previo a la siembra y nunca post siembra. Para que la semilla logre un buen contacto con el suelo, es necesario asegurar la tensión de las ruedas compactadoras de la máquina sembradora.

El barbecho químico se hace utilizando sólo glifosato, considerando que el periodo residual de la formulación polvo es de cuatro días y el de la formulación líquida un día. Si se utiliza glifosato en mezcla con MCPA, es necesario considerar que no se puede sembrar esta especie en menos de 24 días y las mezclas con *Metsulfuron metil* impiden la siembra en al menos 180 días (seis meses). Ante la necesidad de combinar el glifosato con otros herbicidas para potenciar el control de hoja ancha es factible utilizar *Clopyralid* (Lontrel).

En la siembra se utiliza máquina de presión con discos para remolacha. La distancia entre las hileras es de 50 cm, sobre las hileras de 20 cm y la profundidad de siembra es 0,5 cm. El fertilizante se ubica a 2 cm al lado de la semilla y a 5 cm de profundidad. La velocidad normal de siembra es entre 4 y 5 km/hora.

Semillas: En Chile se comercializan cultivares con semillas del tipo monogérmica (una semilla) pulidas y peletizadas con el objetivo de tener una buena germinación y una emergencia homogénea. Existen dos tipos de semillas monogérmica, aquellas que se logran a través de la separación mecánica de los glomérulos (semilla monogérmica técnica) y las obtenidas por selección genética (semilla monogérmica genética). En ambos tipos, la germinación suele ser inferior a la lograda por otras especies y con un tiempo de siembra a emergencia mayor. Esta es una de las razones por lo cual es necesario un riguroso control de malezas en el periodo inicial de crecimiento de las plantas.

Dosis de semilla: La siembra se realiza a distancia definitiva con una dosis de 100.000 semillas por hectárea (una unidad). La semilla peletizada se ubica a distancia definitiva sobre la hilera: 5 semillas/metro lineal. La emergencia de las plántulas es habitualmente muy heterogénea, en especial aquellas que provienen de semillas monogérmicas técnicas.

Número de semillas por kilo, porcentaje de germinación, kilos de semilla por hectárea, plantas por metro cuadrado y porcentaje de emergencia de cinco cultivares de *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris* sembrados en la Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2018/2019.

Cultivares	Nº semilla/kilo	Germinación (%)	kg semilla/ha	Planta/m ²	Emergencia (%)
Cerice	32.680	95	3,06	9,3	93
Fortimo	38.071	95	2,63	9,3	93
Gerónimo	38.710	99	2,58	9,4	94
Gitty	35.971	93	2,78	9,1	91
Lipari	36.855	94	2,71	8,9	89
Promedio	36.457	95	2,75	9,2	92

Control de malezas: Este es un factor determinante en el desarrollo del cultivo. Se inicia con la aplicación pre emergente de 2,5 kg Piramin + 0,75 L Proponit/ha en 200 L de agua. Otras opciones a esta mezcla son 3 kg Goltix/ha ó 0,5 kg Venzar/ha ambos aplicados en 200 litros de agua. Este control se debe realizar antes de las 48 horas post siembra.

La aplicación de post emergencia es clave en el desarrollo de las plantas de remolacha dado que este cultivo es muy poco agresivo en etapas iniciales y es un mal competidor con las malezas. En post emergencia, es necesario realizar como mínimo tres aplicaciones de 1,5 L Betanal Maxxpro/ha en 200 L agua. Las aspersiones se realizan a los 7, 14 y 21 días post siembra cuando las malezas se encuentran en punto verde, que significa que están en inicio de emergencia y asomando sobre el suelo.

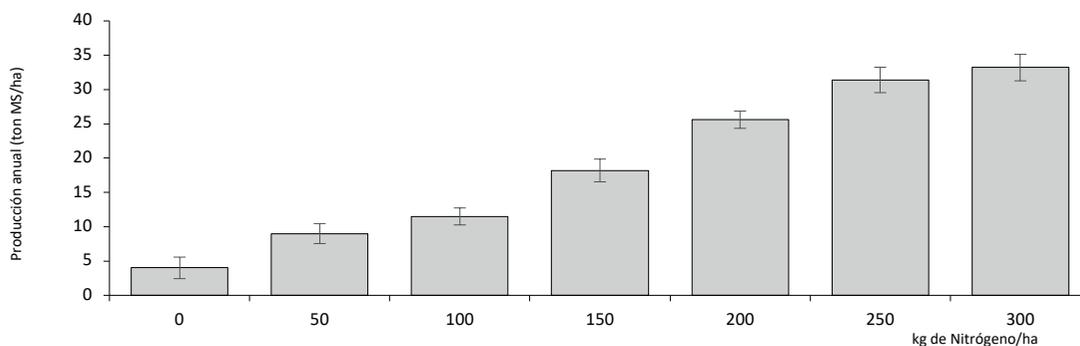
Si no es factible realizar el manejo antes mencionado, existe la opción de post emergencia que considera dos aplicaciones distanciadas en siete días de 1,5 L Betanal Maxxpro + 40 g Safari/ha en 200 litros de agua.



Deficiencias en el control de malezas reducen el rendimiento y modifican la calidad del forraje que consumen los animales.

Fertilización: Un adecuado programa de fertilización y nutrición vegetal se inicia con la corrección de la acidez del suelo. La remolacha es un cultivo sensible a la acidez y el pH necesario para desarrollar un cultivo de alto rendimiento es 6,2. Para lograr este nivel de pH es necesario aplicar las enmiendas con la debida anticipación, esto es, calcita (carbonato de calcio) al menos un mes antes de la siembra o dolomita (carbonato de calcio y magnesio) tres meses antes de sembrar la remolacha. Una opción interesante es combinar la aplicación de la enmienda calcárea con sulfato de calcio (yeso), productos que se pueden aplicar mezclados en los tiempos antes señalados. La dosis de aplicación de enmienda depende del nivel de pH del suelo, pero es habitual en siembras de la zona templada el uso de al menos 1,5 ton/ha.

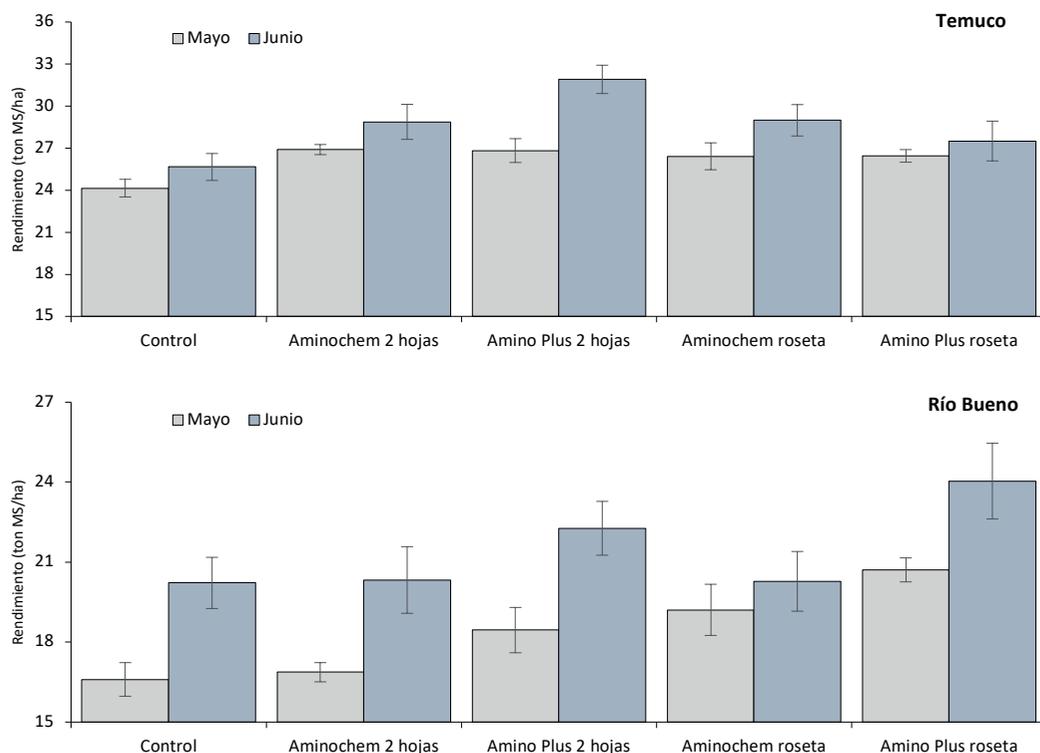
Respecto a la fertilización a la siembra, se aplica con la máquina sembradora a dos centímetros de la semilla y cinco centímetros de profundidad una mezcla compuesta por 20 kg N, 180 kg P₂O₅, 80 kg K₂O, 60 kg MgO, 60 kg SO₃ y 1,5 kg B/ha. Adicionalmente sobre el surco de siembra se aplican 69 kg P₂O₅/ha equivalentes a 150 kg de superfosfato triple/ha.



Efecto de la dosis de nitrógeno en la producción de materia seca de remolacha forrajera. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. 2018/2019.

Mediciones realizadas en la zona templada han demostrado que la remolacha forrajera presenta una alta respuesta a la aplicación de nitrógeno, es por esta razón que además del estándar de nitrógeno incorporado al momento de la siembra, se aplican al voleo 230 kg N/ha dividido en dos parcialidades de 115 kg N/ha cada una. La primera se aplica cuando las plantas presentan cuatro hojas verdaderas y la segunda al momento que las plantas tienen entre 8 y 12 hojas verdaderas. Para evitar procesos de volatilización excesiva del nitrógeno, es adecuado limitar la fecha de la segunda aplicación a no más allá del 20 de diciembre.

Bioestimulantes: La aplicación de bioestimulantes a las plantas de remolacha tiene por objetivo mejorar la eficacia en la absorción y asimilación de nutrientes junto con mejorar la tolerancia a estrés biótico o abiótico que afecte su crecimiento normal. Mediciones realizadas en Temuco y Río Bueno han demostrado que, en condiciones de estrés hídrico y frío en los primeros estados de desarrollo de las plantas, estos productos pueden contribuir a mejorar el rendimiento final de la remolacha forrajera.



Efecto de la aplicación de dos bioestimulantes en dos estados fenológicos de las plantas de remolacha en la producción de materia seca en los meses de mayo y junio. Convenio Universidad de La Frontera – Empresas IANSA. Temporada 2019/2020. Temuco y Río Bueno.



Control de plagas: El efecto residual del Imidacloprid que contiene la semilla es de 60 días. Después de dicha fecha se debe monitorear el cultivo y ante la presencia de un pulgón aftero (no alado) por cada cinco plantas considerar la aplicación de 1 L Monarca/ha en 200 litros de agua.



Mosca minadora (*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926)). Sus larvas se desarrollan dentro del parénquima de las hojas y se alimenta de su interior a la vez que se desplaza. Las galerías que deja son de un color que contrasta con el verde propio de las hojas.



Pilme (*Epicauta pilme* (Molina, 1782)). Es un coleóptero que ataca las hojas de las plantas de remolacha, cuya intensidad es variable y sectorizada. Habitualmente no es necesario el control químico

Control de enfermedades: Uno de los problemas que afecta a este cultivo es la presencia de manchas foliares generadas por el hongo *Cercospora beticola* Sacc. Este hongo es de fácil detección ya que genera en las hojas manchas pequeñas y relativamente redondas (2 a 3 mm) de color gris claro en el centro y café rojizo en el borde. Su presencia en una primera fase en hojas adultas provoca marchitamiento, permaneciendo verdes las hojas nuevas. La presencia de la mancha en la hoja por *Cercospora* se ve favorecida por la ocurrencia de altas temperaturas y períodos prolongados de humedad, por esta razón, habitualmente se presenta en el mes de marzo en áreas de secano y en verano en áreas de riego. Una opción para su control es la aplicación de 1 L Zantara (Bixafeno + Protioconazol)/ha, fungicida de acción sistémica, actúa como preventivo y curativo, teniendo mayor residualidad que Record Max (Trifloxistrobina + Ciproconazol) que también es factible de utilizar en dosis de 0,35 L/ha en mezcla con 50 cc Silweet/ha. Ambos productos se aplican con 200 litros de agua/ha.



Cercospora beticola Sacc., (1876), es un hongo que produce en las hojas machas pequeñas y relativamente redondas con el centro y el borde café rojizo casi morado. Habitualmente su aparición es en el mes de marzo.



Daños mecánicos que no interfieren con el normal desarrollo del cultivo. La coloración rojiza a veces se confunde con una deficiencia. Ambos no representan un problema para las plantas.



Plantas fuera de tipo que no corresponden al cultivar sembrado. No es un problema cuando la población es inferior a 0,1%.



El doblez de las hojas es generado mecánicamente en el cultivo y no corresponden a una enfermedad. Esta posición de algunas hojas hace cambiar la coloración del cultivo y se confunde con la presencia de hongos foliares.

Utilización

Los programas de pastoreo usan el cerco eléctrico dispuesto en franjas largas y estrechas, de movimiento diario, lo que permite reducir las pérdidas de forraje por pisoteo y bosteo sobre las plantas. Como complemento a la ración, se debe mantener en forma permanente un aporte de fibra *ad libitum* como heno o pajas de cereales.



Los animales durante el consumo ensucian hojas y raíces, sin embargo, al final del día consumen gran parte de la oferta forrajera entregada en la franja.

En la etapa inicial de consumo hay un periodo de adaptación de los animales a la remolacha que tiene por objetivo evitar la acidosis y otras enfermedades, como la disfunción hepática, la inflamación crónica y la cetosis diferida. En esta etapa se produce un ajuste de los microorganismos del rumen y una adecuación del animal al impacto que significa el cambio en la alimentación. La oferta de remolacha en el periodo de adaptación se incrementa en forma gradual durante 16 a 20 días, para que al final los animales adultos consuman un total de 8 kg MS/día. El incremento del aporte de la remolacha a la ración diaria se debe hacer observando el nivel de aceptación de los animales y estado sanitario de ellos. En este periodo es importante considerar la entrega de forraje fibroso de calidad como heno, ensilaje o henilaje. Otra observación importante que se debe tener en cuenta es el residuo diario que no debe superar el 20% del consumo total. Residuos superiores suponen en días de lluvia la pérdida de material por pisoteo y entierro de los bulbos en el suelo.



Cosecha mecanizada con pala que permite la extracción total de las plantas.

Otra forma de utilización de la remolacha forrajera es la entrega bajo el sistema de soiling a los animales que consiste en la extracción de la planta completa y entrega en áreas de suplementación: galpón o potreros de sacrificio. La extracción puede ser manual o mecanizada utilizando una pala adaptada que permita la extracción fácil y completa de las plantas.

Eficiencia de uso: Este parámetro está en relación directa con la dureza de las raíces y el tipo de suelo. Existen cultivares muy productivos, pero su raíz es dura y de baja aceptabilidad por el ganado, lo que limita el consumo de las hojas y sólo parte de las raíces, alcanzado así una eficiencia de tan solo el 50%. Los cultivares de mayor palatabilidad son en general menos productivos, pero con ellos se logran eficiencias de utilización superiores al 80%.

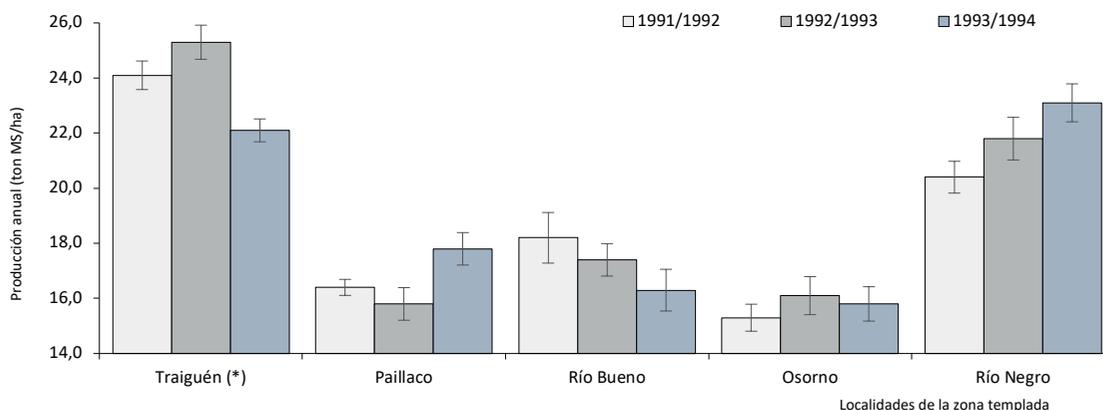
En relación con el suelo, su tipo es un factor determinante en la eficiencia de utilización ya que los animales consumen de forma acelerada la totalidad de las hojas, dejando parte o la totalidad de las raíces en el suelo, las que serán consumidas paulatinamente en los siguientes dos o tres días. En suelos blandos y húmedos, parte de las raíces son enterradas por el pisoteo y no son consumidas por el ganado lo que reduce la eficiencia de uso.



Sobreoferta y suelos blandos reducen la eficiencia de utilización de la remolacha en pastoreo.

Producción

Está demostrado que esta especie tiene un alto potencial de producción (> 30 ton MS/ha), nivel de rendimiento que permite reducir en los sistemas productivos la superficie destinada a la suplementación para el ganado (Gibbs *et al*, 2015). En la zona templada, el uso de la remolacha forrajera tiene un largo historial lo que se refleja en las mediciones realizadas en la década del 90 del siglo pasado con el cultivar Peramono de la compañía KWS, que alcanzaba una alta producción bajo soiling.



Rendimiento de remolacha forrajera cv. Peramono en cinco localidades de la zona templada. Periodo 1991 – 1994.

(*) : Condiciones de riego

Mediciones recientes realizadas en las localidades de Temuco y Futrono, demostraron que los nuevos cultivares tienen un mayor nivel productivo y sus plantas tienen una forma más adaptada al pastoreo. La nueva generación de cultivares alcanza su máximo rendimiento entre junio y julio, mientras que la relación hoja/raíz se reduce de forma drástica a partir de los 200 días post emergencia de las plantas.

Parámetros de rendimiento y calidad de remolacha forrajera promedio de seis cultivares. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2017/2018.

Parámetro	Mayo	Junio	Julio	Agosto
Días siembra a cosecha	195	224	257	280
MS planta completa (%)	13,3	13,7	14,2	17,1
MS hojas (%)	7,9	8,6	8,8	10,1
MS raíz (%)	14,5	15,7	16,1	18,4
Rendimiento (ton MS/ha)	29,1	31,1	30,8	26,7
Relación hoja/raíz	39/61	22/78	12/88	17/83
Proteína (%)	13,7	13,7	14,7	13,9
FDA (%)	15,6	16,4	16,9	17,2
FDN (%)	24,4	30,2	32,3	33,2
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3,08	2,97	2,92	2,89

Parámetros de rendimiento y calidad de remolacha forrajera promedio de seis cultivares. Futrono. Temporada 2017/2018.

Parámetro	Abril	Mayo	Junio	Julio
Días siembra a cosecha	162	204	232	265
MS planta completa (%)	14,5	14,0	12,3	13,4
MS hojas (%)	6,9	9,0	8,0	7,9
MS raíz (%)	18,4	15,5	14,9	13,4
Rendimiento (ton MS/ha)	26,0	27,0	27,9	28,3
Relación hoja/raíz	34/66	24/76	23/77	22/78
Proteína (%)	13,2	14,1	14,6	14,4
FDA (%)	12,8	15,3	15,3	15,2
FDN (%)	20,4	26,7	29,3	33,2
Energía metabolizable (Mcal/kg)	3,22	3,01	3,07	3,05



Entre los meses de abril y mayo se alcanza la mayor disponibilidad de materia seca para los animales con un contenido de proteína de 12 a 14% y energía metabolizable de 2,8 a 3,2 Mcal/kg.

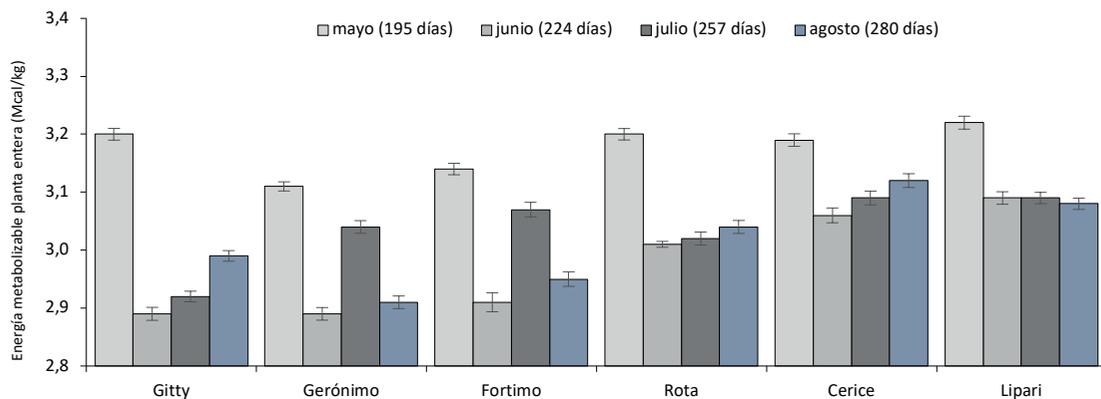
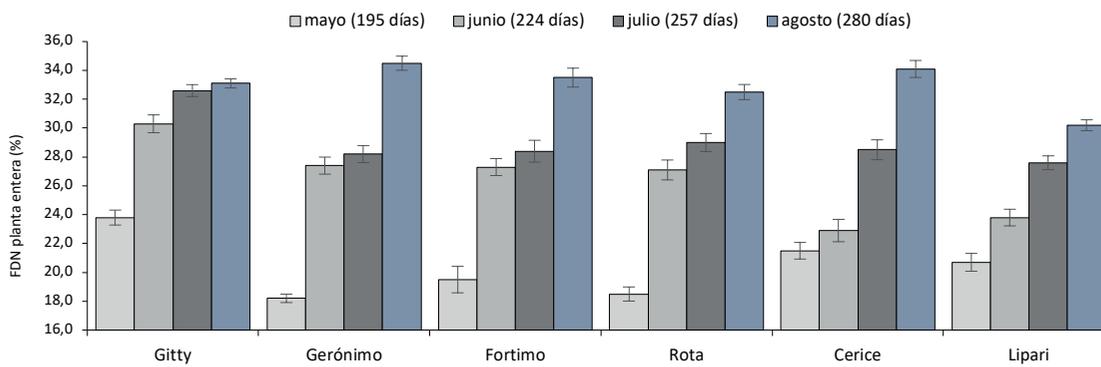
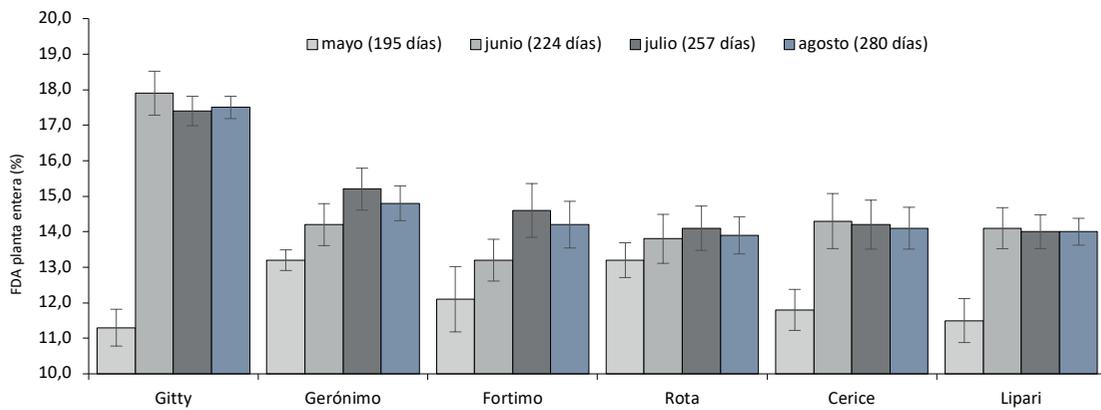
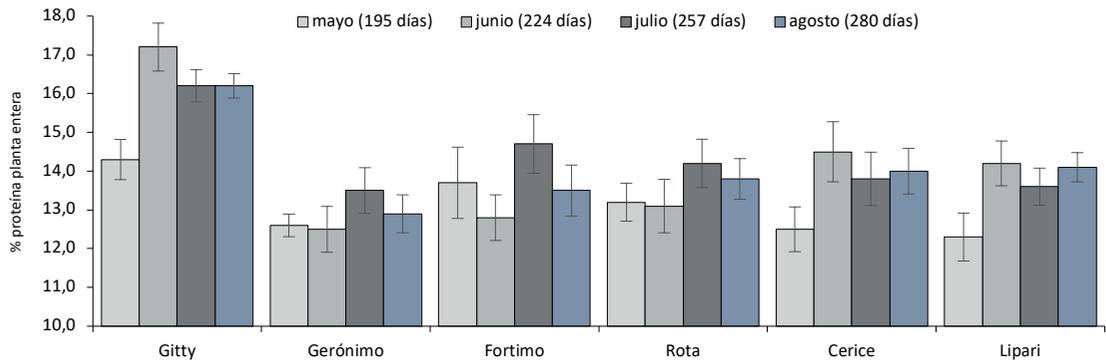
Calidad nutricional

El contenido de nutrientes y su disponibilidad evoluciona de acuerdo con el avance del estado de madurez de las plantas. En estados fenológicos avanzados se produce un incremento en los contenidos de materia seca, fibra y energía, así como una reducción drástica del porcentaje de proteína cruda. La intensidad del cambio está relacionada con las condiciones climáticas, nutrición de las plantas y características de cada cultivar.

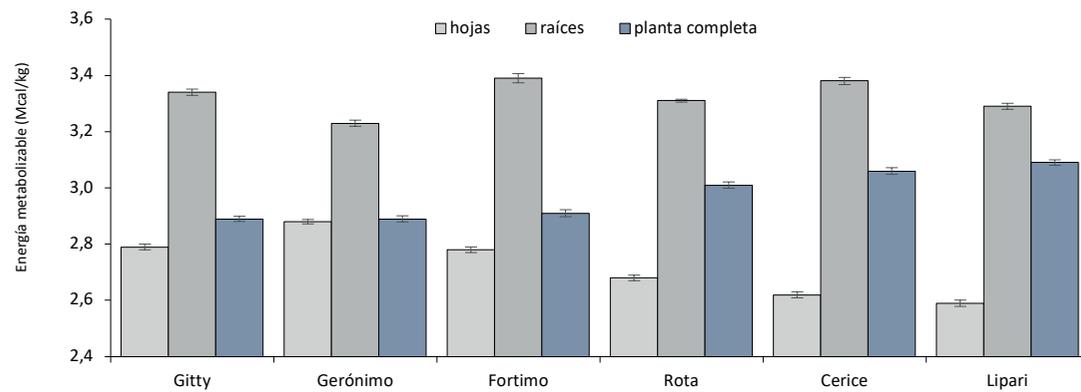
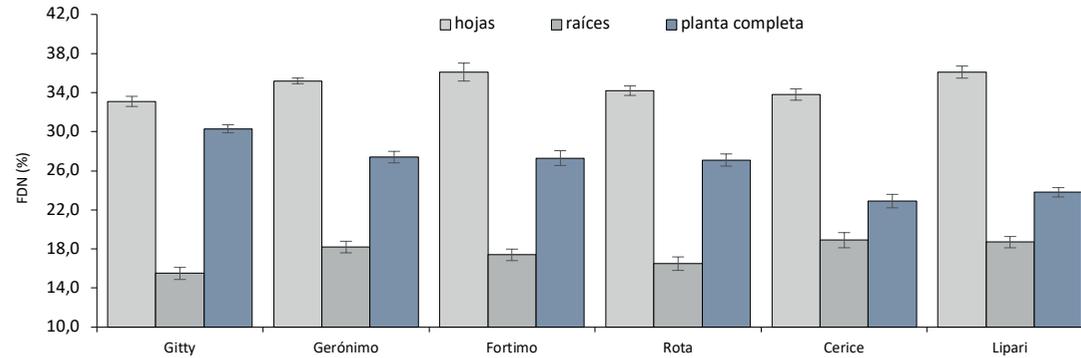
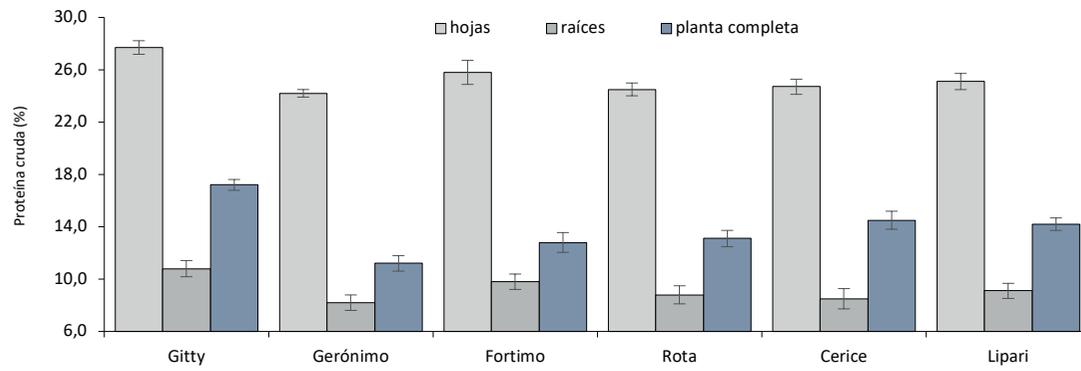
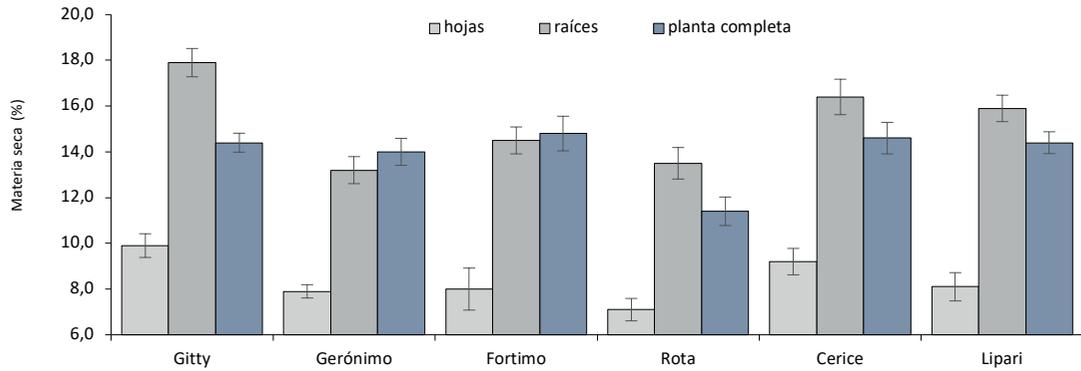
Los componentes del rendimiento de la planta (hojas y raíces) presentan un diferente contenido de nutrientes durante todo el crecimiento y desarrollo del cultivo. Las hojas hacen un aporte mayor de proteínas que las raíces y estas una mayor contribución de energía. Estas diferencias determinan que la relación hoja/raíz presente una proporción de energía y proteína diferente en la planta al momento del consumo animal.



A través del avance del cultivo, las plantas de remolacha cambian su composición nutricional reduciendo el nivel de proteína y aumentando el contenido de energía



Calidad nutricional de seis cultivares de remolacha forrajera. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2017/2018.



Calidad nutricional de hojas, raíces y planta completa de seis cultivares de remolacha forrajera. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2017/2018.

Entre los suplementos voluminosos de invierno, la remolacha forrajera es la especie que presenta la mayor expectativa de rendimiento entre los meses de abril y agosto. Además, esta planta es la que proporciona el mayor aporte de energía por unidad de materia seca producida.

Producción y aporte nutricional de forrajes suplementarios succulentos.

Especie	Producción (ton MS/ha)	EM (Mcal/kg MS)	Proteína (%)
Remolacha forrajera	30 - 40	2,8 - 2,9	12 - 16
Nabos forrajeros	12 - 16	2,2 - 2,6	16 - 18
Rutabaga	10 - 18	2,3 - 2,6	15 - 18
Raps forrajero	8 - 12	2,4 - 2,6	18 - 20
Col forrajera	12 - 20	2,3 - 2,6	15 - 18



Los animales presentan avidez por el consumo de hojas que posee un mayor contenido de proteína que las raíces.



Arveja
Pisum sativum L.

***Pisum sativum* L. (arveja)**

La arveja forrajera es capaz de producir en un corto periodo (20 a 21 semanas) un alto volumen de forraje de buena calidad. La arveja destaca por su alto contenido de proteína y almidón. Es tolerante a bajas temperaturas y déficit hídrico, no así a los problemas que produce la mala infiltración del agua en el suelo. La fijación biológica del nitrógeno que hacen mediante la simbiosis con rizobios ubicados en sus raíces permite reducir las aplicaciones de nitrógeno ya que sus raíces, una vez cosechada las plantas, aportan este nutriente al suelo.

Origen

La arveja es originaria de Oriente Próximo y fue domesticada probablemente en Etiopía hace 10.000 años, desde donde se expandió a Europa y Asia (Polhill & Raven, 1981). Los colonos europeos la introdujeron en Chile a mediados del siglo XVIII y durante mucho tiempo fue considerada como cultivo de chacarería, producción de grano seco y fresco (Faiguenbaum, 1992). El interés como planta forrajera para la elaboración de forraje conservado y pastoreo se originó a partir de la década de los 70 en la antigua Unión Soviética e Inglaterra. En Chile, a partir del año 80 se desarrollaron diversas investigaciones tendientes a determinar el nivel productivo y la calidad del cultivo de la arveja como planta forrajera.

Descripción botánica

Es una especie leguminosa anual perteneciente a la familia Fabaceae, subfamilia Faboideae, tribu Fabeae, género *Pisum*. La planta posee una raíz pivotante y sus hojas imparipinnadas se forman en pares de folíolos que terminan en zarcillos. La floración se inicia entre los nudos 12 y 16 y las inflorescencias nacen en racimos a partir de brácteas foliáceas que se insertan en las axilas de las hojas. Las plantas logran una altura de entre 1,2 y 1,8 m y producen un total de 22 a 28 nudos, de los cuales entre 6 y 12 generan flores y solo de 6 a 8 forman vainas. El número total de vainas por planta fluctúa entre 8 y 12, con una longitud de 6 cm y con 4 a 7 granos por vaina (Khvostova, 1993; Maroto, 1992).



Raíces, zarcillos y flores son los componentes de las plantas de arveja forrajera.

Cultivo de la arveja forrajera

Cultivares: Según la estructura del follaje, los cultivares de arveja se clasifican en convencionales, de follaje reducido, leafless y áfilos. Los cultivares convencional producen follaje frondoso y presentan tres estructuras básicas: estípulas, folíolos y zarcillos. Los cultivares de follaje reducido tienen un menor tamaño y los zarcillos presentan mayor crecimiento. Los cultivares *leafless* tienen un gen que modifica las estípulas, transformándolas en estructuras vestigiales y los folíolos, casi inexistentes, se transforman en zarcillos. Los cultivares áfilos mantienen sus estípulas, pero sus folíolos están transformados en zarcillos, que son estructuras que le permiten a las plantas mantenerse en pie hasta la cosecha y lograr una mayor eficiencia en la utilización de la luz (Faiguenbaum, 1992; Mera, 1989).

Existen dos factores que limitan el rendimiento forrajero de la arveja: la tendedura y la competencia con las especies residentes o acompañantes. El área foliar y la altura de la planta son componentes claves en el desarrollo de un cultivo competitivo con las malezas o plantas acompañantes (Cote *et al.*, 1992; Wall *et al.*, 1991; Harker *et al.*, 2008). McDonald (2003) demostró que los cultivares de arveja de altura superior a un metro, presentan un rendimiento mayor que a los cultivares de poco tamaño (< 1 m) logrando una mayor competencia con las especies residentes. Los cultivares áfidos que tienen el follaje reducido logran producir igual o superior cantidad de materia seca que los cultivares no modificados y son muy competitivos con las malezas debido a la maraña que generan sus zarcillos (Harker *et al.*, 2008).

Asociación: Los cereales que se utilizan en mezcla con leguminosas trepadoras, proporcionan a éstas un soporte físico y las mantienen erguidas hasta la cosecha. Además, está demostrado que esta mezcla modifica la composición nutricional, mejora la relación carbohidrato – proteína, aumenta el consumo animal (Papastilianou, 1990) y la producción de materia seca.

Porcentaje de materia seca, producción y aporte de las especies a la mezcla de arveja con cereales de grano pequeño.

Tratamiento	MS (%)	Producción (ton MS/ha)	Arveja (%)	Cereal (%)
Arveja	23,3 b	13,7 a	100	0
Arveja + avena	25,7 a	13,9 a	60	40
Arveja + triticale	27,6 a	13,4 a	68	32
Arveja + cebada	27,0 a	13,1 a	67	33
Arveja + centeno	26,7 a	12,7 a	54	46

MS: materia seca

Medias que no comparten una letra en común son diferentes según Prueba de Tukey (p > 0,05)

Fuente: adaptado de Demanet & García, 1992.

Otras opciones de asociación son la siembra de arveja forrajera + ballica perenne, arveja + ballicas de rotación o arveja + trébol rosado (Demanet & García, 1992; Santini, 1995; Cantero, 1997). Las especies pratenses no interfieren en el desarrollo y producción de la arveja y ésta no obstruye la producción posterior de la pastura.

Efecto de la asociación de arveja con avena, ballica de rotación y ballica perenne en la producción y calidad nutricional del ensilaje. Estación Experimental Maipo. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 1992/93.

Tratamiento	Producción (ton MS/ha)	Parámetros calidad de ensilaje				
		MS (%)	pH	PC (%)	EM (Mcal/kg)	N-NH ₃ (%)
Arveja	9,3 b	23,3	3,7	17,9	2,31	9,3
Arveja + avena	13,0 a	22,7	3,8	17,2	2,03	13,1
Arveja + ballica rotación	13,1 a	20,5	4,0	17,9	2,2	12,3
Arveja + ballica perenne	12,5 a	22,6	3,7	16,9	2,3	10,9

MS: materia seca; PC: proteína cruda; EM: energía metabolizable; N-NH₃: nitrógeno amoniacal

Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes según Prueba de Tukey (p > 0,05)

Fuente: adaptado de Santini, 1995.

Efecto de la asociación de arveja con avena, ballica de rotación y ballica perenne en la producción y calidad nutricional del ensilaje. Estación Experimental Maipo. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 1992/93.

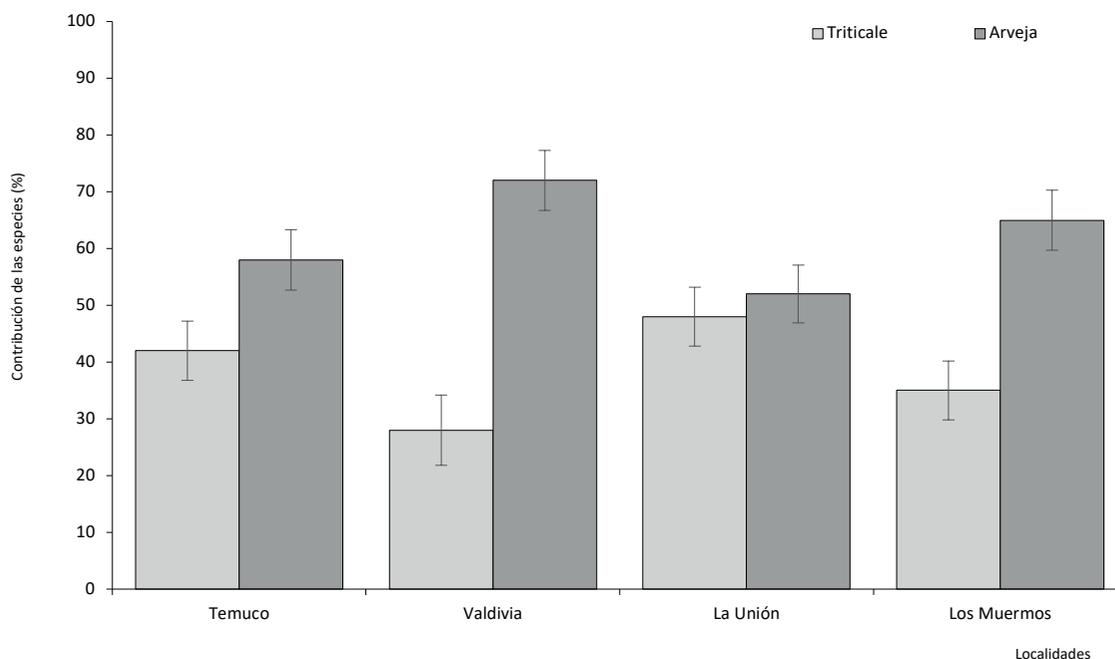
Dosis de semilla (kg/ha)	Primera temporada				Segunda temporada			
	ton MS/ha	Arveja (%)	Ballica (%)	Trébol (%)	ton MS/ha	Arveja (%)	Ballica (%)	Trébol (%)
0	9,62 a	0	57	43	11,09 a	0	53	47
40	10,29 a	43	33	24	11,02 a	0	48	52
80	10,25 a	49	31	20	11,16 a	0	48	52
120	11,11 a	60	27	13	11,56 a	0	57	43
160	9,32 a	69	16	15	11,02 a	0	49	51
200	9,15 a	69	16	15	10,68 a	0	32	68
240	9,69 a	94	3	3	10,22 a	0	22	78

MS: materia seca; PC: proteína cruda; EM: energía metabolizable; N-NH₃: nitrógeno amoniacal

Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes según Prueba de Tukey (p > 0,05)

Fuente: adaptado de Santini, 1995.

En la asociación de arveja con cereales de grano pequeño el aporte de la arveja es dominante y alcanza niveles superiores al 50% de la producción total.



Aporte porcentual de las especies a la producción de arveja + triticale en cuatro localidades de la zona templada. Temporada 2016/2017.

Coefficiente de variación: 8,54%

Periodo de siembra: Mediciones realizadas en la zona templada han demostrado que el momento óptimo de siembra es entre los meses de mayo y julio, periodo en el que habitualmente hay limitaciones por la existencia de lluvias que impiden la preparación de los suelos, lo que obliga a extender a veces el periodo de establecimiento hasta el mes de septiembre, con la invariable pérdida de producción y disminución del aporte de la arveja a la producción total de las mezclas con cereales.

Efecto de la fecha de siembra en la producción de arveja forrajera sembrada sola y en asociación con avena en el secano de la zona templada.

Tratamiento	Junio	Agosto
Avena cv. Llaofén	15,88 a	12,34 a
Arveja cv. Magnus	11,51 a	9,76 b
Arveja + Avena	15,51 a	15,24 a

Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes según Prueba de Tukey ($p > 0,05$)
Fuente: adaptado de Demanet & García, 1992.

Efecto de la época de siembra en la producción y aporte de la arveja a la mezcla con avena. Estación Experimental Maquehue. Temuco. Temporada 2015-2016.

Mes siembra	MS (%)	Producción (ton MV/ha)	Producción (ton MS/ha)	Aporte de la Arveja (%)
Mayo	33,78 a	51,85 a	17,52 a	46 b
Junio	32,58 a	52,81 a	17,20 a	52 a
Julio	27,24 ab	54,96 a	14,97 b	48 b
Agosto	24,33 bc	43,41 b	10,56 c	26 c
Septiembre	21,36 c	30,85 c	6,59 d	32 c

MS: materia seca; MV: materia verde (tal como ofrecido)

Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes según Prueba de Tukey ($p > 0,05$)
Coeficiente de variación 4,59%.

Dosis de semilla: La dosis se define según el calibre de la semilla. En mezcla con cereales la arveja se asocia a 40 kg de semilla de cereales de grano pequeño/ha.

Calibre, peso de semilla, número de semilla/kg, dosis de semilla y semillas/m².

Calibre (mm)	Peso semilla (g)	Número de semilla/kg	Dosis de semilla (kg/ha)	Semilla/m ²
7	0,277	3.610	250	90
6	0,211	4.739	180	90
5	0,135	7.407	120	90

Inoculación: En áreas donde no es habitual el cultivo de arveja, es necesario incluir en las primeras siembras la inoculación de la semilla con el rizobio específico (*Rhizobium leguminosarum*).

Control de malezas: Las opciones de control de malezas son de pre y post emergencia. El cultivo se debe iniciar con una aplicación de 1,75 L Dazzler 50% SC o Diurex 50 SC (Diuron)/ha en etapa de pre emergencia; esta opción no es válida para suelos arenosos. En post emergencia existen dos alternativas, la primera corresponde a 0,25 L Bectra 48 SC o Sencor 480 SC (Metribuzina)/ha que permite controlar malezas de hoja ancha y algunas gramíneas. La segunda opción es 2 L Basagran (Bentazona)/ha en 200 litros de agua, que debe ser aplicado en días despejados y temperatura superior a 15°C. El objetivo de esta última opción es el control de malezas de hoja ancha.

Control de áfidos: Es habitual que durante el transcurso del cultivo se presenten poblaciones abundantes de áfidos (pulgones) que afectan el desarrollo apical de las plantas, reduciendo en forma importante el nivel de rendimiento (> 40%). Es por esta razón que es necesario realizar una o dos aplicaciones de un insecticida que posea acción sistémica e ingestión. Una opción es la aplicación de 30 g Hurricane 70 WP (Acetamiprid)/ha en 250 litros de agua.

Utilización: La arveja es una especie que se usa para pastoreo o conservación de forraje, siendo su principal forma de utilización el ensilaje, henilaje y heno. En pastoreo es una alternativa de uso esporádico en situaciones de extrema necesidad de forraje, ya que es de baja producción y alto costo y su única ventaja respecto a otras leguminosas es que no produce meteorismo espumoso, pues tiene taninos en el follaje.



Etapas iniciales de desarrollo de la arveja forrajera.

Periodo de cosecha: El momento de la cosecha se determina según el estado fenológico de las plantas. Mediciones realizadas en la zona templada demostraron que la mejor relación volumen - calidad se logra cuando las plantas se encuentran en el estado de floración y las vainas inferiores están formadas con sus granos llenos. La cosecha en estados inmaduros tiene altos niveles de proteína y digestibilidad de la FDN, pero una baja producción (Fraser *et al.*, 2001).



Estado fenológico óptimo para la cosecha de ensilaje de arveja forrajera.

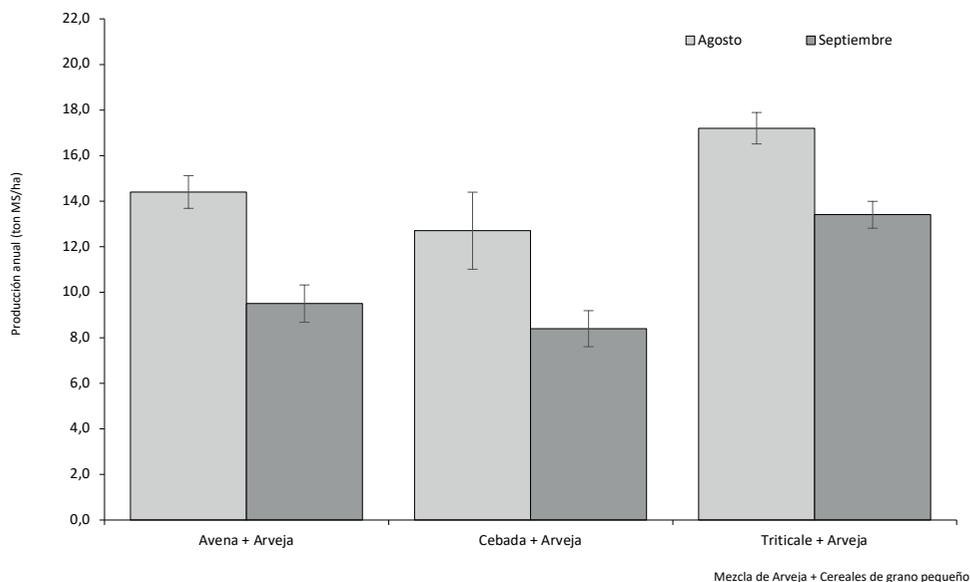
Efecto de la fecha de cosecha en el contenido de materia seca, proteína cruda, energía metabolizable y producción de arveja forrajera. Vilcún, temporada 1991/1992.

Fecha de cosecha	MS (%)	PC (%)	EM (Mcal/kg)	Producción (ton MS/ha)
18 nov	15,9	17,5	2,63	5,0
20 nov	18,2	17,1	2,47	5,2
22 nov	19,3	17,0	2,56	6,2
25 nov	19,3	16,5	2,58	7,0
27 nov	19,4	16,3	2,57	7,8
29 nov	20,1	16,0	2,50	7,9
2 dic	21,7	15,2	2,55	8,4
4 dic	23,2	14,5	2,67	8,7
6 dic	23,4	13,7	2,65	8,7
9 dic	24,6	13,6	2,67	9,5
11 dic	24,6	13,1	2,65	9,6
17 dic	24,7	13,1	2,58	9,7
18 dic	25,2	13,0	2,63	10,4
20 dic	25,6	12,8	2,56	11,0
23 dic	26,9	11,3	2,77	12,4
27 dic	28,1	11,1	2,58	13,8
30 dic	29,1	10,6	2,69	15,0
2 ene	30,7	10,4	2,53	12,4
8 ene	32,8	11,4	2,58	11,8
13 ene	53,6	11,6	2,38	11,0
26 ene	64,2	12,5	2,26	10,2

MS: materia seca; PC: proteína cruda; EM: energía metabolizable
Fuente: adaptado de Demanet & García, 1992.

Producción

La arveja produce un alto volumen de biomasa cuando se utilizan cultivares de tipo áfilo y se combinan con un cereal como cultivo de soporte (Kristensen, 1992; Salawu *et al.*, 2001). En la zona templada de Chile la producción de arveja en siembra sola ha superado las 16 ton MS/ha y en mezcla con cereales las 20 ton MS/ha.



Efecto de la época de siembra en la producción de arveja + cereales de grano pequeño. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temporada 2017/2018.

Coefficiente de variación: 6,23%

La proporción relativa de los componentes de la mezcla de arveja con cereales determina su capacidad de rendimiento (Jedel & Helrn, 1993). Con triticale y cebada, la mayor producción se logra cuando el aporte de la arveja supera el 60% y el cereal es cosechado al estado de grano pastoso (Lunnan, 1989; Papastylianou, 1990; Hall & Kephán, 1991). Sin embargo, con avena la mayor producción se alcanza con niveles inferiores al 50% de arveja (Jedel & Helrn, 1993). Las mediciones realizadas en la zona templada de Chile (Pichard & Aguila, 1983; Demanet & García, 1992; Santini, 1995; Cantero, 1997), demostraron que la producción de materia seca depende de la época de siembra, nutrición de las plantas, momento de la cosecha y proporción arveja - cereal.

Calidad nutricional

La arveja forrajera es una planta que tiene por objetivo proveer a los sistemas ganaderos de un alimento con buen contenido de proteína y de alta digestibilidad. Para alcanzar esta meta, es necesario cosechar las plantas en estados de desarrollo temprano, ya que el retraso produce una reducción brusca en los parámetros de calidad.

Las mezclas de arveja y cereales de grano pequeño tienen un valor nutricional diferente al de sus componentes individuales. Con la asociación se produce un aumento del contenido de proteína de los cereales (Lunnan 1989; Chapko *et al.*, 1991; Hall & Kephart 1991) y un incremento en la digestibilidad de la FDN (Cherney & Marten, 1982; Cherney *et al.*, 1983).

Efecto de la época de cosecha en la producción y calidad de la arveja forrajera.

Época de cosecha	MS (%)	PC (%)	EM (Mcal/kg)
Segunda quincena noviembre	15,9 e	17,5 a	2,6 a
Primera quincena diciembre	20,1 d	16,0 b	2,5 a
Segunda quincena diciembre	26,9 c	11,3 c	2,8 a
Primera quincena enero	30,7 b	10,4 c	2,5 a
Segunda quincena enero	64,2 a	12,5 c	2,3 b

MS: materia seca; PC: proteína cruda; EM: energía metabolizable
Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes según Prueba de Tukey (p> 0,05)
Fuente: Demanet & García, 1992.

Ensilaje

La arveja sembrada sola o en mezcla con cereales es una alternativa de conservación de forraje como ensilaje y en su elaboración se utiliza maquinaria convencional (Mustafa *et al.*, 2000).

En los ensilajes de arvejas, la proteólisis es un proceso extenso, en especial cuando es cosechada en estados inmaduros. La aplicación de algunos aditivos y el premarchitamiento pueden reducir la degradación de proteína (Cavallarin *et al.*, 2006). Un aditivo que reduce este proceso es el ácido fórmico o su mezcla con otros ácidos y sales orgánicas (Rondahl *et al.*, 2011) que restringen la respiración (Charmley & Veira, 1990) y aumentan la intensidad de la fermentación (Carpintero *et al.*, 1979; Nagel & Broderick, 1992; Vagnoni *et al.*, 1997). Sin embargo, las restricciones ambientales y leyes laborales vigentes en Chile impiden el uso de estas alternativas.

En el proceso de elaboración del ensilaje también hay proteólisis generada por la respiración inicial durante el premarchitamiento, en el que gran parte de la proteína se degrada formando compuestos como amoníaco, aminoácidos y péptidos (Rondahl *et al.*, 2011). Sin embargo, en ensilajes elaborados con niveles de materia seca superiores al 40%, la proteólisis se reduce (Carpintero *et al.*, 1979) al igual que en ensilajes cuyo pH es inferior a 4,0 (Finley *et al.*, 1980; McKersie, 1985; Muck, 1988).

Para la elaboración de dietas para categorías animales de altas exigencias nutricionales, la arveja verde fresca y el ensilaje tienen la desventaja de presentar alta degradabilidad a nivel ruminal (Christensen & Mustafa, 2000; Wilkins & Jones, 2000).

La arveja como pre cultivo

El uso de leguminosas en rotación con cereales o pasturas de gramíneas tiene como principal objetivo la economía del nitrógeno, el control de algunas enfermedades y la exploración del suelo en profundidad. El cultivo de arveja produce un efecto residual que se puede extender por más de dos años (Demanet & García, 1992). Mediciones realizadas en un andisol de la zona templada demostraron que el pre cultivo de arveja produce en el trigo un incremento significativo en el rendimiento respecto a otras alternativas de rotación.

Efecto del pre cultivo en el rendimiento de trigo (*Triticum aestivum* L.).

Tratamiento	1° Temporada	2° Temporada
	Producción (ton MS/ha)	Producción (qqm/ha)
Arveja	5,53 c	48,3 a
Vicia	3,62 d	48,1 a
Lupino	5,33 c	43,6 b
Avena	13,14 a	44,6 b
Arveja + avena	9,40 b	46,7 ab
Vicia + avena	12,99 a	44,8 b
Lupino + avena	12,09 a	42,5 c

Medias que no comparten una letra en común en sentido vertical son diferentes según Prueba de Tukey ($p > 0,05$)
Fuente: Demanet & García, 1992.





Vicia Forrajera

Vicia benghalensis L. syn. *Vicia atropurpurea* Desf.

Vicia forrajera (*Vicia benghalensis* L. syn. *Vicia atropurpurea* Desf.)

La vicia es una especie que se utiliza en mezcla con avena para elaboración de ensilaje. Debido a su regular calidad nutritiva es habitualmente destinada a la alimentación de mantención del ganado de crianza.

Origen

Vicia benghalensis L. es una especie de vicia o arvejilla conocida por los nombres comunes de vicia atropurpúrea o vicia púrpura. Es nativa del sur de Europa y norte de África. Se encuentra extendida en todos los países mediterráneos, cercano y medio oriente, como colonizadora de ecosistemas intervenidos por el hombre, participando como especie invasora y forrajera (Hanelt & Mettin, 1989). En América se introdujo por los colonos europeos y en Chile se difundió en forma rápida, primero como maleza en los cultivos de cereales y, posteriormente, como forrajera para elaboración de heno y ensilaje en mezcla con *Avena* spp.

Descripción botánica

El género vicia está compuesto por 140 especies que han sido clasificadas en dos subgéneros *Vicilla* y *Vicia* (Kupicha, 1977) y 22 secciones (Endo & Ohashi, 1996). *Vicia atropurpúrea* o vicia púrpura es una especie que pertenece a la familia Fabaceae, género *Vicia*, subgénero *Vicilla*, sección *Cracca* y especie *Vicia benghalensis* L.

Es una planta de ciclo anual, trepadora con tallos que pueden alcanzar diferentes longitudes (1 a 3 m) y cuyas hojas están formadas por varios pares de folíolos alargados que miden hasta tres centímetros de longitud. Sus hojas y tallos presentan pilosidad profusa que hace que la planta parezca de color blanco plateado. La inflorescencia es unilateral, con flores de color rosado púrpura que se abren al mismo tiempo. Cada flor tiene un cáliz denso y una corola tubular de uno o dos centímetros de longitud. El fruto es una vaina plana y pilosa que contiene múltiples semillas (Hanelt & Mettin, 1989; Águila, 1997; Rodríguez *et al.*, 2018).



Vicia (*Vicia atropurpurea* Desf. syn. *Vicia benghalensis* L.).

Cultivo de la vicia forrajera

Especies y cultivares: La vicia denominada comúnmente arvejilla, es una planta de amplia distribución en Chile. Entre las especies de Vicia, la de mayor ubicuidad es *Vicia sativa* L. que se encuentra entre Arica y Punta Arenas, en diferentes ecosistemas y en diversas formas de intervención antrópica. En la zona templada, la especie utilizada con fines ganaderos es *Vicia benghalensis* L. que es sembrada con *Avena sativa* L. y otros cereales de grano pequeño para elaboración de ensilaje, henilaje y heno. La semilla corriente se comercializa con el nombre de vicia atropurpúrea, sin denominación de algún tipo de cultivar.

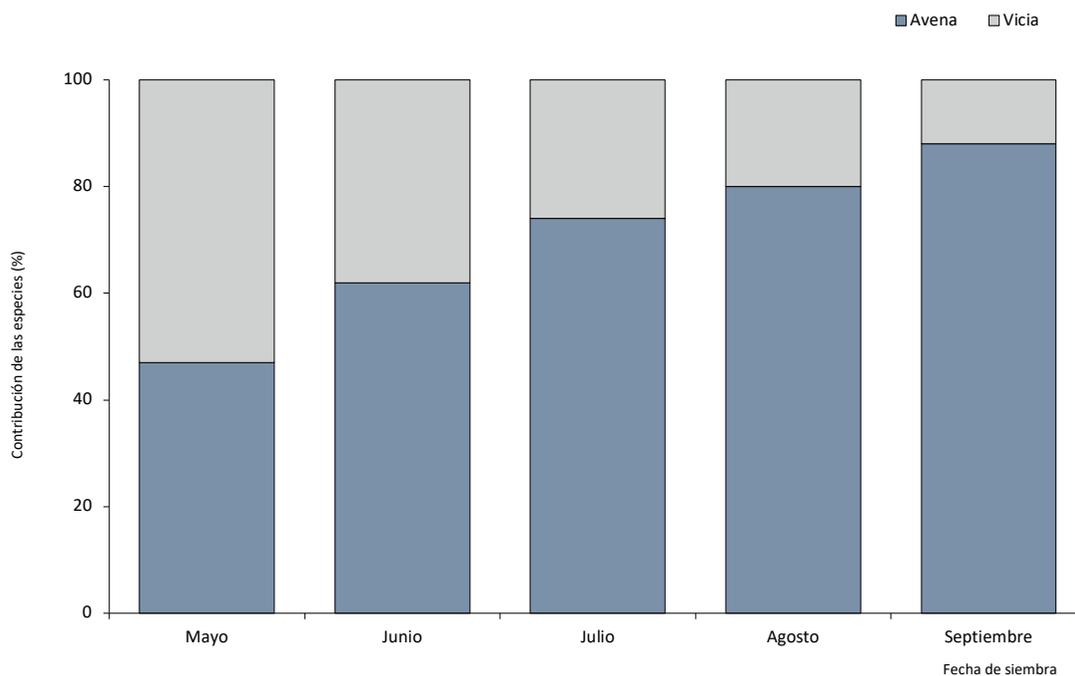
Como alternativa al uso de *Vicia benghalensis* L. en la zona templada se evaluaron otras especies como *Vicia sativa* L., *Vicia villosa* Roth y *Vicia dasycarpa* Ten., que presentaron un comportamiento productivo promisorio pero insuficiente para entusiasmar al mercado local.

Comportamiento productivo de cuatro especies del género *Vicia* asociada con Avena cv Nehuen. Estación Experimental Maipo. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 1992/1993.

Especie	Altura planta Vicia (cm)	Producción (ton MS/ha)	Vicia (%)	Avena (%)	MS (%)	PC (%)
<i>V. benghalensis</i> L.	168 a	11,06 a	32 a	68 b	23,5 a	13,9 a
<i>V. sativa</i> L.	114 b	11,66 a	14 b	86 a	22,9 a	10,2 a
<i>V. villosa</i> Roth.	181 a	11,84 a	26 a	74 b	23,4 a	10,4 a
<i>V. dasycarpa</i> Ten.	122 b	11,75 a	10 b	90 a	24,5 a	10,1 a

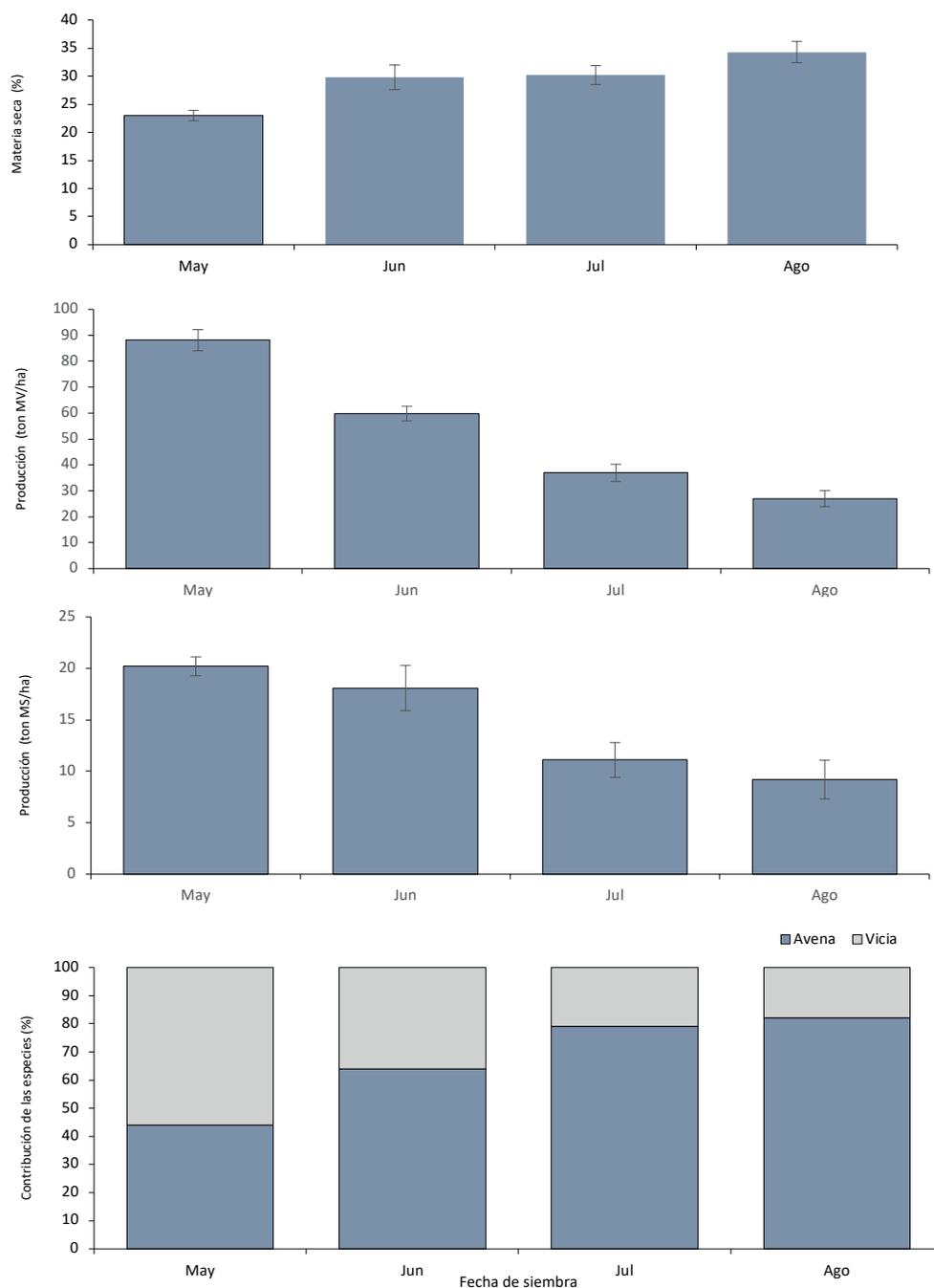
MS: materia seca; PC: proteína cruda
Medias que no comparten una letra en común son diferentes según Prueba de Tukey (p > 0,05)
Fuente: adaptado de Cid, 1994.

Asociación: La vicia posee un tallo débil que requiere una planta acompañante de soporte. En la zona templada se utilizan con este objetivo los cereales de grano pequeño, en especial, la *Avena sativa* L. Esta mezcla permite a la vicia trepar por el tallo y las hojas del cereal, produciendo un interesante volumen de forraje en el momento del corte para ensilaje. La fecha de siembra tiene una relación directa con el desarrollo de ambas especies. Los mayores aportes de vicia a la asociación se producen en siembras tempranas.



Efecto de la época de siembra en la proporción de avena – vicia en el momento de la cosecha. Estación Experimental Maquehue. Universidad de La Frontera. Temuco. Temporada 2015/2016.

Periodo de siembra: La fecha de siembra se extiende desde el mes de abril hasta el mes de septiembre y depende del área agroecológica. Así, en la zona mediterránea húmeda (Chillán – Los Ángeles), esta especie se establece entre los meses de abril y junio y en la zona templada, entre los meses junio y septiembre. El retraso en la fecha de la siembra produce una reducción en el rendimiento y aporte de la vicia a la composición botánica de la mezcla.



Efecto de la época de siembra en el porcentaje de materia seca, producción de forraje verde, rendimiento de materia seca y composición botánica de la mezcla de avena + vicia. Estación Experimental Maquehue. Universidad de la Frontera. Temuco. 2016/2017.

Sistema de siembra: Se establece con labranza convencional o cero labranza. En ambas opciones se debe considerar la reducción del espacio entre hilera a 12 ó 15 cm con el objetivo de lograr una rápida cobertura del suelo.

Dosis de semilla: El aporte de las especies a la producción total está determinada, en parte, por la dosis de semillas. En la asociación con cereales de grano pequeño, la dosis de semillas es de 40 kg de vicia + 80 kg de cereal/ha, equivalente a 50 semillas de vicia/m². El incremento de la dosis de semillas de vicia (> 40 Kg) aumenta la proporción de vicia en la mezcla, pero también incrementa el riesgo de tendadura cuando la planta se encuentra en estados avanzados de madurez.

Cultivares: No existen en el mercado cultivares de Vicia. En el país la semilla se comercializa como Vicia atropurpurea corriente.

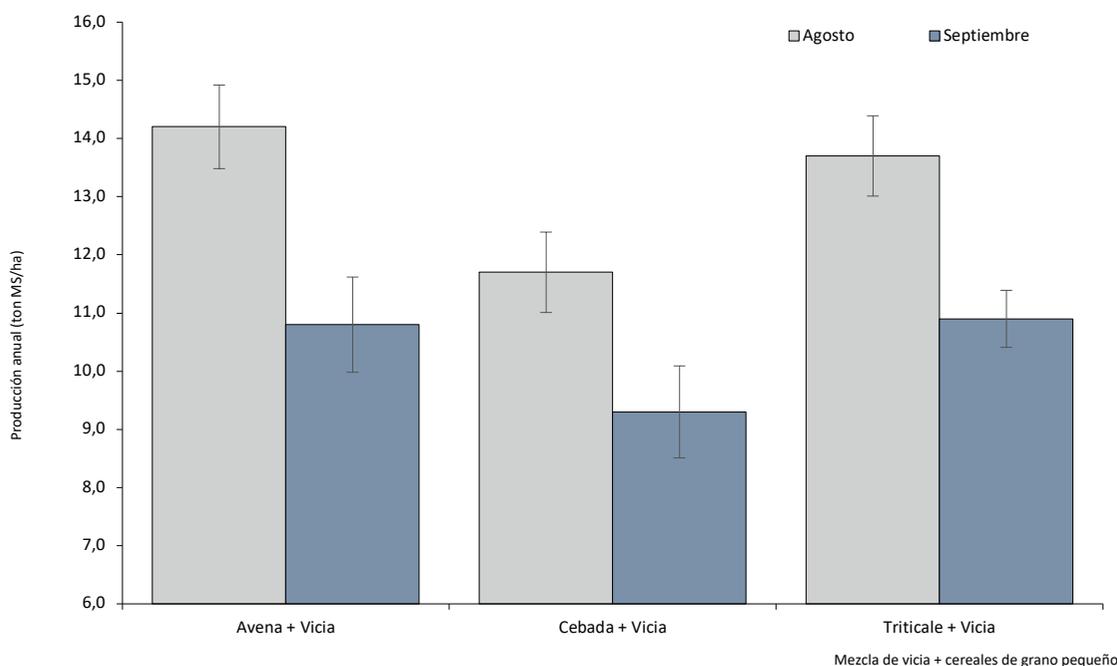
Control de malezas: El control de las especies residentes se inicia con la aplicación pre emergente de 1,75 L Dazzler 50% SC o Diurex 50 SC (Diuron)/ha, no siendo válida esta recomendación para suelos arenosos. En post emergencia, el control de especies de hoja ancha se puede realizar con 40 g Preside 80 WG (Flumetsulam)/ha.

Utilización

El objetivo de este forraje suplementario es la elaboración de ensilaje. La cosecha se realiza cuando las plantas de vicia se encuentran con las vainas basales formadas y su grano lleno. En la confección del ensilaje se puede considerar la alternativa de corte directo cuando las plantas tienen un contenido de materia seca superior al 25% o premarchito cuando las plantas se encuentran en estados más inmaduros. El corte en estados avanzados de madurez produce pérdida de follaje de la vicia y reducción del contenido de proteína de la mezcla.

Producción

Los niveles productivos dependen de la época de siembra, nutrición de las plantas, momento de cosecha y proporción vicia – cereal. En asociación con cereales puede alcanzar niveles de producción superiores a 18 ton MS/ha.



Rendimiento de vicia asociada a avena, cebada y triticale sembrada en dos fechas de siembra: agosto y septiembre. Estación Experimental Maquehue. Temuco. Temporada 2017/2018.

Calidad nutricional

La vicia es una especie que en estados juveniles presenta un alto valor nutritivo, logrando en floración niveles superiores a 24% de proteína y 2,3 Mcal/kg de energía metabolizable. Al mezclar vicia con avena en el mismo estado fenológico de la vicia, este valor se reduce como consecuencia del aporte del cereal a la producción total. Es habitual que la asociación de vicia + avena presente en el momento de la cosecha valores de 10 al 14% de proteína cruda y 2,0 a 2,3 Mcal/kg de energía metabolizable.

Calidad nutricional de la mezcla vicia + avena cuando se cosechan en distintos estados fenológicos.

Componente	Vegetativo	Botón floral	Inicio floración	Plena floración
Materia seca (%)	9,39	9,4	11,54	12,17
Proteína cruda (%)	26,97	25,87	24,37	24,91
FDA (%)	27,05	35,24	37,05	36,25
FDN (%)	42,82	48,42	51,93	59,06
Energía metabolizable (Mcal/kg)	2,51	2,27	2,77	2,32

Fuente: Salcedo, 1998

Ensilaje

La elaboración de ensilaje de vicia asociada a un cereal se realiza con las plantas en estados avanzados de madurez, lo que se traduce en la obtención de un forraje voluminoso, de regular calidad y bajo contenido de proteínas. La elaboración de ensilajes en estados más inmaduros requiere la pre deshidratación de las plantas, proceso que implica la pérdida de hojas y estructuras tiernas de las mismas y con ello la reducción de la calidad nutricional.

Valor nutricional de la mezcla de avena + vicia.

Componente	Unidad	Avena + vicia
Materia seca	%	25,15
Proteína cruda	%	7,72
Fibra cruda	%	31,76
FDA	%	38,13
FDN	%	64,43
EM	Mcal/kg	2,17
N-NH3	%	8,88
pH		4,14
Ca	%	0,27
P	%	0,18
Mg	%	0,16
Cenizas	%	6,98

Fuente: Adaptado de Anrique *et al.*, 2008 y 2014.





Costos

Cultivos Forrajeros

Avena pastoreo invernal

La siembra de avena para pastoreo de invierno tiene diversas opciones de establecimiento que dependen, principalmente, del pre cultivo. En todas las alternativas se utiliza el sistema de siembra de cero labranza para lograr un piso firme en el pastoreo invernal. Cuando el pre cultivo son los cereales de grano pequeño, las brassicas, las oleaginosas y el maíz, la siembra al voleo con o sin barbecho químico es la alternativa que se debe utilizar.

En siembras sobre praderas degradada, la opción más adecuada es en línea con la aplicación de un barbecho químico. En este caso se coloca en el surco de siembra, una mezcla que contenga fósforo, potasio, magnesio y azufre.

En la estructura de costo no han sido incluidos los herbicidas aplicados de post emergencia ya que, habitualmente, estos son obviados y el control de las especies acompañantes se realiza a través del consumo de los animales en pastoreo.

Costo por hectárea de establecimiento y mantenimiento de avena para pastoreo invernal.

Siembra al voleo sin aplicación de barbecho químico.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				36.000	20
Siembra voleo	6.000	1	6.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fertilizantes				67.700	39
Urea	430	150	64.500		
Análisis de suelos	32.000	0,10	3.200		
Semillas				72.000	41
Avena	300	240	72.000		
Total (\$)			175.700	175.700	100

Siembra al voleo con aplicación de barbecho químico.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				41.000	20
Siembra voleo	6.000	1	6.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	1	5.000		
Fertilizantes				67.700	33
Urea	430	150	64.500		
Análisis de suelos	32.000	0,10	3.200		
Semillas				72.000	35
Avena	300	240	72.000		
Agroquímicos				26.000	13
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Total (\$)			206.700	206.700	100

Siembra en línea sin aplicación de barbecho químico.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				36.000	21
Siembra cero labranza	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fertilizantes				67.700	40
Urea	430	150	64.500		
Análisis de suelos	32.000	0,10	3.200		
Semillas				66.000	39
Avena	300	220	66.000		
Total (\$)			169.700	169.700	100

Siembra en línea con aplicación de barbecho químico.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				41.000	20
Siembra cero labranza	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	1	5.000		
Fertilizantes				67.700	34
Urea	430	150	64.500		
Análisis de suelos	32.000	0,10	3.200		
Semillas				66.000	33
Avena	300	220	66.000		
Agroquímicos				26.000	13
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Total (\$)			200.700	200.700	100

Costo del kilo de materia seca de avena para pastoreo invernal según nivel de consumo y sistema de siembra.

kg MS consumido/ha	Siembra al voleo		Siembra en línea	
	Sin barbecho	Con barbecho*	Sin barbecho	Con barbecho*
1.000	176	207	170	201
1.500	117	138	113	134
2.000	88	103	85	100
2.500	70	83	68	80
3.000	59	69	57	67
3.500	50	59	48	57
4.000	44	52	42	50
4.500	39	46	38	45
5.000	35	41	34	40

(*): Aplicación de glifosato previo a la siembra

Avena + ballica anual para pastoreo invernal

La siembra de avena en mezcla con ballica anual se puede utilizar como siembra entre dos cultivos sucesivos del maíz para ensilaje y también entre el cultivo de brassicas sembradas para consumo de verano y un cultivo de primavera.

El establecimiento de esta mezcla se puede realizar al voleo o en línea y con aplicación de un barbecho químico para reducir la carga de malezas en los primeros estados de desarrollo de la ballica. En el desarrollo de esta mezcla se utiliza el efecto residual del pre cultivo, por ello no es habitual la aplicación de fertilización al surco de siembra.

En la estructura de costo se incluye un herbicida aplicado en la post emergencia de las plantas ya que habitualmente las malezas son más agresivas que el desarrollo de la ballica.

Costo por hectárea de establecimiento y mantención de avena + ballica anual para pastoreo invernal:

Siembra al voleo

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				46.000	18
Siembra voleo	6.000	1	6.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	2	10.000		
Fertilizantes				67.700	26
Urea	430	150	64.500		
Análisis de suelos	32.000	0,10	3.200		
Semillas				114.000	44
Avena	300	200	60.000		
Ballica anual	1.800	30	54.000		
Agroquímicos				33.800	13
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
MCPA 750	7.800	1,00	7.800		
Total (\$)			261.500	261.500	100

(*): Incluye insecticida y fungicida

Siembra en línea

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				46.000	19
Siembra cero labranza	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	2	10.000		
Fertilizantes				67.700	27
Urea	430	150	64.500		
Análisis de suelos	32.000	0,10	3.200		
Semillas				99.000	40
Avena	300	180	54.000		
Ballica anual	1.800	25	45.000		
Agroquímicos				33.800	14
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
MCPA 750	7.800	1,00	7.800		
Total (\$)			246.500	246.500	100

(*): Incluye insecticida y fungicida

Costo del kilo de materia seca de avena + ballica anual para pastoreo invernal según nivel de consumo y sistema de siembra.

kg MS consumido/ha	Siembra al voleo	Siembra en línea
1.000	262	247
1.500	174	164
2.000	131	123
2.500	105	99
3.000	87	82
3.500	75	70
4.000	65	62
4.500	58	55
5.000	52	49

Avena + Centeno pastoreo invernal.

La siembra de avena en mezcla con centeno otorga una mayor seguridad de producción en condiciones de bajas temperaturas de invierno. Además, proporciona un follaje de alta cobertura que permite al animal el consumo de bocados densos de alta calidad nutritiva.

El establecimiento de esta mezcla se puede realizar al voleo o en línea, con aplicación de un barbecho químico y herbicida de post emergencia de las plantas. Es habitual el uso del efecto residual del pre cultivo, pero es una mejor opción la aplicación en el surco de siembra de una mezcla completa compuesta por fósforo, potasio, magnesio y azufre.

Costo por hectárea de establecimiento y mantención de avena + centeno para pastoreo invernal:

Siembra al voleo

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				46.000	13
Siembra voleo	6.000	1	6.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	2	10.000		
Fertilizantes				182.700	50
Mezcla siembra	460	250	115.000		
Urea	430	150	64.500		
Análisis de suelos	32.000	0,10	3.200		
Semillas				102.000	28
Avena	300	100	30.000		
Centeno	600	120	72.000		
Agroquímicos				33.800	9
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
MCPA 750	7.800	1,00	7.800		
Total (\$)			364.500	364.500	100

Siembra en línea

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				46.000	13
Siembra cero labranza	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	2	10.000		
Fertilizantes				182.700	50
Mezcla siembra	460	250	115.000		
Urea	430	150	64.500		
Análisis de suelos	32.000	0,10	3.200		
Semillas				102.000	28
Avena	300	100	30.000		
Centeno	600	120	72.000		
Agroquímicos				33.800	9
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
MCPA 750	7.800	1,00	7.800		
Total (\$)			364.500	364.500	100

Costo del kilo de materia seca de avena + centeno para pastoreo invernal según nivel de consumo y sistema de siembra.

kg MS consumido/ha	Siembra al voleo	Siembra en línea
1.000	365	337
1.500	243	225
2.000	182	169
2.500	146	135
3.000	122	112
3.500	104	96
4.000	91	84
4.500	81	75
5.000	73	67

Según el nivel de rendimiento obtenido durante el periodo invernal, en ambos sistemas de siembra el costo del kilo de materia seca de esta mezcla se encuentra entre los \$ 112 y \$ 122. La siembra al voleo no entrega una ventaja en el valor final del kilo de materia seca, pero si con ella, se logra una mayor velocidad de trabajo al momento del establecimiento.

Avena para ensilaje

El ensilaje de avena se puede almacenar en silos tradicionales como parva, zanja y canadiense, además en bolos empacados con plástico. En ambos sistemas de elaboración, en el costo de cosecha, se incluye el plástico, el aditivo biológico y las labores de almacenaje y compactado de la masa ensilada

El costo de cosecha de un ensilaje tradicional es fijo y no cambia según la producción de forraje cosechada por hectárea. En el ensilaje almacenado en bolo, el costo cambia según el número de bolos que se elaboran. Según el contenido de materia seca del material cosechado, los bolos tienen un peso que varía entre los 220 y 240 kilos de materia seca.

Costo de producción de ensilaje de avena.

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	%
Labores				91.000	16
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	3	15.000		
Fertilizante				310.200	54
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Mezcla siembra	460	300	138.000		
Urea	430	200	86.000		
Aminochem	5.500	2	11.000		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla				63.000	11
Avena	450	140	63.000		
Agroquímicos				114.074	20
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Punto 600 FS	86.000	0,08	7.224		
Triflurex 50%	6.600	3,00	19.800		
Lontrel	28.000	0,20	5.600		
Caimán	56.000	0,15	8.400		
MCPA	7.800	1,00	7.800		
LI 700	10.500	0,10	1.050		
Engeo 247 SC	54.000	0,50	27.000		
Belcofel	7.000	1,60	11.200		
Total (\$)			578.274	578.274	100

Costo del kilo de materia seca de ensilaje de avena según rendimiento y forma de almacenaje*

kg MS/ha	Silo parva	Silo Bolo
4.000	190	195
6.000	126	146
8.000	95	122
10.000	76	108
12.000	63	98
14.000	54	91
16.000	47	86
18.000	42	82

(*) Incluye el valor de la cosecha, aditivos y almacenaje en ambos sistemas.

Avena + Vicia para ensilaje

El ensilaje de avena + vicia se almacena en silos tradicionales (parva, zanja y canadiense) y en bolos empacados con plástico. En los dos sistemas, en el costo de cosecha se incluye el plástico y el aditivo biológico aplicado a la masa ensilada.

El costo de cosecha de un ensilaje tradicional es fijo y no cambia según la producción de forraje cosechada por hectárea. En el ensilaje almacenado en bolo, el costo cambia según el número de bolos que se elaboran. De acuerdo al contenido de materia seca del material cosechado, los bolos tienen un peso que varía entre los 220 y 240 kilos de materia seca.

Costo de producción de ensilaje de avena + vicia.

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	%
Labores				91.000	18
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	3	15.000		
Fertilizante				288.700	56
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Mezcla siembra	460	300	138.000		
Urea	430	150	64.500		
Aminochem	5.500	2	11.000		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla				81.000	16
Avena	450	100	45.000		
Vicia	900	40	36.000		
Agroquímicos				58.160	11
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Punto 600 FS	86.000	0,06	5.160		
Engeo 247 SC	54.000	0,50	27.000		
Total (\$)			518.860	518.860	100

Costo del kilo de materia seca de ensilaje de avena + vicia según rendimiento y forma de almacenaje*

kg MS/ha	\$/kg MS silo parva	\$/kg MS silo bolo
4.000	175	180
6.000	116	136
8.000	87	115
10.000	70	102
12.000	58	93
14.000	50	87
16.000	44	82
18.000	39	79

(*) Incluye el valor de la cosecha, aditivos y almacenaje en ambos sistemas.

Trigo para ensilaje

El ensilaje de trigo se puede almacenar en silos parva, zanja, bunker y también en bolos empacados con plástico. En ambos sistemas de elaboración, en el costo de cosecha, se incluye el plástico, el aditivo biológico y las labores de almacenaje y compactado de la masa ensilada.

El costo de cosecha de un ensilaje tradicional es fijo y no cambia según la producción de forraje cosechada por hectárea. En el ensilaje almacenado en bolo, el costo cambia según el número de bolos que se elaboran. De acuerdo al contenido de materia seca del material cosechado, los bolos tienen un peso que varía entre los 220 y 240 kilos de materia seca.

Costo de producción de ensilaje de trigo.

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	%
Labores				91.000	14
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	3	15.000		
Fertilizante				331.700	50
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Mezcla siembra	460	300	138.000		
Urea	430	250	107.500		
Aminochem	5.500	2	11.000		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla				99.000	15
Trigo	550	180	99.000		
Agroquímicos				148.148	22
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Indar Flo 30 FS	16.000	0,36	5.760		
Punto 600 FS	86.000	0,11	9.288		
Triflurex 50%	6.600	3,00	19.800		
Lontrel	28.000	0,20	5.600		
Caimán	56.000	0,15	8.400		
MCPA	7.800	1,00	7.800		
LI 700	10.500	0,10	1.050		
Engeo 247 SC	54.000	0,50	27.000		
Orkestra Ultra	21.000	1,25	26.250		
Belcoce	7.000	1,60	11.200		
Total (\$)			669.848	669.848	100

Costo del kilo de materia seca de ensilaje de trigo según rendimiento y forma de almacenaje*.

kg MS/ha	Silo parva	Silo bolo
4.000	212	217
6.000	142	162
8.000	106	134
10.000	85	117
12.000	71	106
14.000	61	98
16.000	53	92
18.000	47	87

(*) Incluye el valor de la cosecha, aditivos y almacenaje en ambos sistemas.

Triticale para ensilaje

El ensilaje de triticale se puede almacenar en silos tradicionales (parva, zanja y canadiense) y empacado en bolos sellados con plástico. En ambos sistemas de elaboración, en el costo de cosecha, se incluye el plástico, el aditivo biológico y las labores de almacenaje y compactado de la masa ensilada.

El costo de cosecha de un ensilaje tradicional es fijo y no cambia según la producción de forraje cosechada por hectárea. En el ensilaje almacenado en bolo, el costo cambia según el número de bolos que se elaboran. De acuerdo al contenido de materia seca del material cosechado, los bolos tienen un peso que varía entre los 220 y 240 kilos de materia seca.

Costo de producción de ensilaje de triticale

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	%
Labores				91.000	13
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	3	15.000		
Fertilizante				331.700	48
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Mezcla siembra	460	300	138.000		
Urea	430	250	107.500		
Aminochem	5.500	2	11.000		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla				120.000	17
Triticale	500	240	120.000		
Agroquímicos				153.164	22
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Indar Flo 30 FS	16.000	0,48	7.680		
Punto 600 FS	86.000	0,14	12.384		
Triflurex 50%	6.600	3,00	19.800		
Lontrel	28.000	0,20	5.600		
Caimán	56.000	0,15	8.400		
MCPA	7.800	1,00	7.800		
LI 700	10.500	0,10	1.050		
Engeo 247 SC	54.000	0,50	27.000		
Orkestra Ultra	21.000	1,25	26.250		
Belcofel	7.000	1,60	11.200		
Total (\$)			695.864	695.864	100

Costo del kilo de materia seca de ensilaje de triticale según rendimiento y forma de almacenaje*.

kg MS/ha	Silo parva	Silo Bolo
4.000	219	224
6.000	146	166
8.000	109	137
10.000	88	120
12.000	73	108
14.000	63	100
16.000	55	93
18.000	49	89

(*) Incluye el valor de la cosecha, aditivos y almacenaje en ambos sistemas.

Cebada para ensilaje

El ensilaje de cebada se almacena en silos parva, zanja, bunker o canadiense y en ocasiones, donde es posible realizar la labor de premarchitamiento, se puede empacar en bolos sellados con plástico. En ambos sistemas de elaboración, en el costo de cosecha, se incluye el plástico, el aditivo biológico y las labores de almacenaje y compactado de la masa ensilada.

El costo de cosecha de un ensilaje tradicional es fijo y no cambia según la producción de forraje cosechada por hectárea. En el ensilaje almacenado en bolo, el costo cambia según el número de bolos que se elaboran. De acuerdo al contenido de materia seca del material cosechado, los bolos tienen un peso que varía entre los 220 y 240 kilos de materia seca.

Costo de producción de ensilaje de cebada.

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	%
Labores				91.000	15
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	3	15.000		
Fertilizante				310.200	51
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Mezcla siembra	460	300	138.000		
Urea	430	200	86.000		
Aminochem	5.500	2	11.000		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla				95.200	16
Cebada	680	140	95.200		
Agroquímicos				109.354	18
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Indar Flo 30 FS	16.000	0,28	4.480		
Punto 600 FS	86.000	0,08	7.224		
Triflurex 50%	6.600	3,00	19.800		
Lontrel	28.000	0,20	5.600		
Caimán	56.000	0,15	8.400		
MCPA	7.800	1,00	7.800		
LI 700	10.500	0,10	1.050		
Moddus	58.000	0,50	29.000		
Total (\$)			605.754	605.754	100

Costo del kilo de materia seca de ensilaje de cebada según rendimiento y forma de almacenaje*.

kg MS/ha	Silo parva	Silo bolo
4.000	196	201
6.000	131	151
8.000	98	126
10.000	79	111
12.000	65	100
14.000	56	93
16.000	49	88
18.000	44	84

(*) Incluye el valor de la cosecha, aditivos y almacenaje en ambos sistemas.

Centeno para ensilaje

El ensilaje de centeno se almacena en silos tradicionales (parva, zanja y canadiense) y empacado en bolos sellados con plástico. En ambos sistemas de elaboración, en el costo de cosecha, se incluye el plástico, el aditivo biológico y las labores de almacenaje y compactado de la masa ensilada.

El costo de cosecha de un ensilaje tradicional es fijo y no cambia según la producción de forraje cosechada por hectárea. En el ensilaje almacenado en bolo, el costo cambia según el número de bolos que se elaboran. De acuerdo al contenido de materia seca del material cosechado, los bolos tienen un peso que varía entre los 220 y 240 kilos de materia seca.

Costo de producción de ensilaje de centeno

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	%
Labores				101.000	16
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	24.000	1	24.000		
Fertilización	6.000	2	12.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Fertilizante				310.200	49
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Mezcla siembra	460	300	138.000		
Urea	430	200	86.000		
Aminochem	5.500	2	11.000		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla				112.000	18
Centeno	800	140	112.000		
Agroquímicos				111.154	18
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Indar Flo 30 FS	16.000	0,28	4.480		
Punto 600 FS	86.000	0,08	7.224		
Triflurex 50%	6.600	3,00	19.800		
Lontrel	28.000	0,20	5.600		
Caimán	56.000	0,15	8.400		
MCPA	7.800	1,00	7.800		
LI 700	10.500	0,10	1.050		
Belcoce	7.000	4,40	30.800		
Total (\$)			634.354	634.354	100

Costo del kilo de materia seca de ensilaje de centeno según rendimiento y forma de almacenaje*

kg MS/ha	Silo parva	Silo Bolo
4.000	204	209
6.000	136	156
8.000	102	129
10.000	81	113
12.000	68	103
14.000	58	95
16.000	51	90
18.000	45	85

(*) Incluye el valor de la cosecha, aditivos y almacenaje en ambos sistemas.

Maíz para ensilaje

El ensilaje de maíz se puede almacenar en silos tradicionales como parva, zanja y canadiense, además en bolos empacados con plástico. En la estructura de costo se ha incluido ambos sistemas de almacenaje.

El costo de cosecha de un ensilaje tradicional es fijo y no cambia según la producción de forraje cosechada por hectárea. En el ensilaje almacenado en bolo el costo cambia según el número de bolos que se elaboran. De acuerdo al contenido de materia seca del material cosechado, los bolos tienen un peso que varía entre 280 y 300 kilos de materia seca y entre 800 y 850 kilos de material tal como ensilado (forraje verde). Si los bolos poseen un peso mayor, será un indicador que el material ensilado puede presentar problemas de ensilabilidad.

Costo de producción de ensilaje de maíz en condiciones de secano

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	%
Labores				435.000	30
Jympa	18.000	1	18.000		
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	2	20.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	38.000	1	38.000		
Fertilización	6.000	4	24.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Cosecha	280.000	1	280.000		
Fertilizante				771.700	53
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Mezcla maíz	480	900	432.000		
Urea	430	400	172.000		
Sulpomag	380	200	76.000		
Aminochem	5.500	3	16.500		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla				133.000	9
Maíz	95.000	1,4	133.000		
Agroquímicos				106.670	7
Soberan	95.000	0,25	23.750		
Arrat	65.000	0,15	9.750		
Heat	138.000	0,13	17.940		
Frontier	15.200	1,5	22.800		
Panzer Gold	6.500	4	26.000		
Karate	28.000	0,16	4.480		
Dash	7.800	0,25	1.950		
Total (\$)			1.446.370	1.446.370	100

Costo de producción de ensilaje de maíz en condiciones de riego

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	%
Labores				675.000	47
Jympa	18.000	1	18.000		
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	2	20.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	38.000	1	38.000		
Fertilización	6.000	4	24.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Riego	60.000	4	240.000		
Cosecha	280.000	1	280.000		
Fertilizante				771.700	53
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Mezcla maíz	480	900	432.000		
Urea	430	400	172.000		
Sulpomag	380	200	76.000		
Aminochem	5.500	3	16.500		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla				133.000	9
Maíz	95.000	1,4	133.000		
Agroquímicos				106.670	7
Soberan	95.000	0,25	23.750		
Arrat	65.000	0,15	9.750		
Heat	138.000	0,13	17.940		
Frontier	15.200	1,5	22.800		
Panzer Gold	6.500	4	26.000		
Karate	28.000	0,16	4.480		
Dash	7.800	0,25	1.950		
Total (\$)			1.686.370	1.686.370	117

Costo del kilo de materia seca producido según rendimiento y forma de almacenaje en condiciones de riego y seco.

kg MS/ha	Secano		Riego	
	Silo parva	Silo bolo	Silo parva	Silo bolo
12.000	121	153	141	173
14.000	103	137	120	154
16.000	90	125	105	140
18.000	80	115	94	129
20.000	72	108	84	120
22.000	66	102	77	113
24.000	60	97	70	107
26.000	56	92	65	101
28.000	52	88	60	97

Remolacha forrajera

La estructura de costos de siembra y producción de remolacha forrajera para pastoreo posee como ítems de mayor incidencia la fertilización y el grupo de semillas más agroquímicos. En condiciones de secano, el costo total de producción es de \$1.649.200/ha y en riego el costo es de \$1.961.200.

Costo de producción de remolacha forrajera en condiciones de secano.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				162.000	10
Jympa	18.000	1	18.000		
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	2	20.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	45.000	1	45.000		
Fertilización	6.000	4	24.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Fertilizante				881.200	53
Dolomita 15	66	2.000	132.000		
Mezcla Remolacha	510	900	459.000		
Urea	430	500	215.000		
Superfosfato triple	480	150	72.000		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla y Agroquímicos				606.000	37
Remolacha	Pack	100.000			
Panzer Gold	6.500	4	26.000		
Pyramin	Pack	2,5			
Proponit	Pack	0,8			
Betanal Max Pro	Pack	4,5			
Record Max	Pack	0,35			
Monarca	Pack	2,00			
Silwet	Pack	0,05			
Pack Productos	580.000	1	580.000		
Total (\$)			1.649.200	1.649.200	100

Costo de producción de remolacha forrajera en condiciones de riego.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				462.000	24
Jympa	18.000	1	18.000		
Smaragd	12.000	1	12.000		
Rastra	10.000	2	20.000		
Vibrocultivador	12.000	1	12.000		
Rodón	6.000	1	6.000		
Siembra	45.000	1	45.000		
Fertilización	6.000	4	24.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Riego	60.000	5	300.000		
Fertilizante				893.200	46
Dolomita 15	72	2.000	144.000		
Mezcla Remolacha	510	900	459.000		
Urea	430	500	215.000		
Superfosfato triple	480	150	72.000		
Análisis de suelos	32.000	0,1	3.200		
Semilla y Agroquímicos				606.000	31
Remolacha	Pack	100.000			
Panzer Gold	6.500	4	26.000		
Pyramin	Pack	2,5			
Proponit	Pack	0,8			
Betanal Max Pro	Pack	4,5			
Record Max	Pack	0,35			
Monarca	Pack	2			
Silwet	Pack	0,05			
Pack Productos	580.000	1	580.000		
Total (\$)			1.961.200	1.961.200	100

Costo de producción del kilo de materia seca en pastoreo de remolacha forrajera en condiciones de secano y riego.

kg MS consumido/ha	\$/kg MS	
	Secano	Riego
16.000	103	123
18.000	92	109
20.000	82	98
22.000	75	89
24.000	69	82
26.000	63	75
28.000	59	70
30.000	55	65
32.000	52	61
34.000	49	58
36.000	46	54

Nabos forrajeros

Los nabos forrajeros son un tipo de forraje voluminoso que se usa en pastoreo como suplemento de fines de primavera, verano y parte del otoño. La siembra en áreas de escasa precipitación de primavera y verano se establece en condiciones de riego, mientras que en sectores más templados con precipitación de verano su producción es bajo condiciones de seco.

Costo de producción de nabos en condiciones de seco.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				145.000	21
Siembra	28.000	1	28.000		
Encalado	6.000	1	6.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Sandokan	18.000	1	18.000		
Catro	15.000	3	45.000		
Fertilización	6.000	3	18.000		
Fumigación	5.000	4	20.000		
Fertilizante				461.600	66
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Superfosfato triple	480	400	192.000		
Mezcla (Urea + Sulpomag)	410	400	164.000		
Boronatrocaltita	560	30	16.800		
Boron Max	7.600	2,00	15.200		
Análisis de suelos	32.000	0,05	1.600		
Semilla				31.500	5
Nabos	10.500	3	31.500		
Agroquímicos				56.500	8
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Trifluralina	6.600	2,50	16.500		
Tordon	28.000	0,20	5.600		
Lontrel	28.000	0,15	4.200		
Karate	28.000	0,15	4.200		
Total (\$/ha)			694.600	694.600	100

Costo de producción de nabos forrajeros en condiciones de riego.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				385.000	41
Siembra	28.000	1	28.000		
Encalado	6.000	1	6.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Sandokan	18.000	1	18.000		
Catro	15.000	3	45.000		
Fertilización	6.000	3	18.000		
Fumigación	5.000	4	20.000		
Riego	60.000	4	240.000		
Fertilizante				461.600	49
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Superfosfato triple	480	400	192.000		
Mezcla (Urea + Sulpomag)	410	400	164.000		
Boronatrocálcica	560	30	16.800		
Boron Max	7.600	2,00	15.200		
Análisis de suelos	32.000	0,05	1.600		
Semilla				31.500	3
Nabos	10.500	3	31.500		
Agroquímicos				56.500	6
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Trifluralina	6.600	2,50	16.500		
Tordon	28.000	0,20	5.600		
Lontrel	28.000	0,15	4.200		
Karate	28.000	0,15	4.200		
Total (\$/ha)			934.600	934.600	100

Costo de producción del kilo de materia seca en pastoreo de nabos forrajeros en condiciones de secano y riego.

kg MS consumido/ha	\$/kg MS en secano	\$/kg MS con riego
6.000	116	156
7.000	99	134
8.000	87	117
9.000	77	104
10.000	69	93
11.000	63	85
12.000	58	78
14.000	50	67
16.000	43	58
18.000	39	52
20.000	35	47
22.000	32	42

El costo de producción en condiciones de riego es de un 26% superior al originado en situaciones de secano. La diferencia entre ambas condiciones de producción se encuentra en la seguridad de alcanzar el rendimiento presupuestado. En condiciones de secano es habitual la obtención de rendimientos muy diversos entre años ya que está supeditado a la ocurrencia de las precipitaciones de primavera y del verano. Bajo la condición de riego, la producción es estable y solo se ve afectada por los excesos de temperatura o la ocurrencia de plagas y enfermedades no controladas o prevenidas con antelación.

Rutabagas

Las rutabagas o colinabos, es una especie cuyo objetivo es la suplementación del ganado durante el periodo de verano, otoño y parte del invierno. La siembra en áreas de baja precipitación de primavera y verano se establece en condiciones de riego, mientras que en sectores templados con precipitación de verano su producción es en condiciones de secano.

Costo de producción de rutabaga en secano.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				150.000	20
Siembra	28.000	1	28.000		
Encalado	6.000	1	6.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Sandokan	18.000	1	18.000		
Catro	15.000	3	45.000		
Fertilización	6.000	3	18.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Fertilizante				502.600	68
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Superfosfato triple	480	400	192.000		
Mezcla (Urea + Sulpomag)	410	500	205.000		
Boronatrocálcica	560	30	16.800		
Boron Max	7.600	2,00	15.200		
Análisis de suelos	32.000	0,05	1.600		
Semilla				29.000	4
Rutabaga	14.500	2	29.000		
Agroquímicos				60.700	8
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Trifluralina	6.600	2,50	16.500		
Tordon	28.000	0,20	5.600		
Lontrel	28.000	0,15	4.200		
Karate	28.000	0,30	8.400		
Total (\$/ha)			742.300	742.300	100

Costo de producción de rutabaga en condiciones de riego.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				390.000	40
Siembra	28.000	1	28.000		
Encalado	6.000	1	6.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Sandokan	18.000	1	18.000		
Catro	15.000	3	45.000		
Fertilización	6.000	3	18.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Riego	60.000	4	240.000		
Fertilizante				502.600	51
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Superfosfato triple	480	400	192.000		
Mezcla (Urea + Sulpomag)	410	500	205.000		
Boronatrocálcica	560	30	16.800		
Boron Max	7.600	2,00	15.200		
Análisis de suelos	32.000	0,05	1.600		
Semilla				29.000	3
Rutabaga	14.500	2	29.000		
Agroquímicos				60.700	6
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Trifluralina	6.600	2,50	16.500		
Tordon	28.000	0,20	5.600		
Lontrel	28.000	0,15	4.200		
Karate	28.000	0,30	8.400		
Total (\$/ha)			982.300	982.300	100

Costo de producción del kilo de materia seca en pastoreo de rutabaga en condiciones de secano y riego.

kg MS consumido/ha	\$/kg MS en secano	\$/kg MS con riego
6.000	124	164
7.000	106	140
8.000	93	123
9.000	82	109
10.000	74	98
11.000	67	89
12.000	62	82
14.000	53	70
16.000	46	61
18.000	41	55
20.000	37	49
22.000	34	45

El costo de producción de rutabagas bajo riego es de un 24% superior al obtenido en condiciones de secano. La diferencia entre ambas condiciones de producción se encuentra en la seguridad de alcanzar el rendimiento presupuestado. En secano es usual la obtención de rendimientos muy distintos entre años ya que está supeditado a las precipitaciones de primavera y del verano. En riego, en cambio, la producción es estable y solo se ve afectada por los excesos de temperatura o la ocurrencia de plagas y enfermedades no controladas previamente.

Raps forrajero

El raps forrajero es una especie voluminosa que se siembra en dos épocas: primavera y verano. La diferencia principal entre las fechas de siembra es el objetivo productivo y el nivel de rendimiento que puede alcanzar el cultivo. En siembras de primavera el raps forrajero puede superar las 20 ton MS/ha en la temporada y en establecimientos de verano el rendimiento no supera las 12 ton MS/ha.

Costo de producción de raps forrajero sembrado en condiciones de secano.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				150.000	20
Siembra	28.000	1	28.000		
Encalado	6.000	1	6.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Sandokan	18.000	1	18.000		
Catro	15.000	3	45.000		
Fertilización	6.000	3	18.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Fertilizante				502.600	66
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Superfosfato triple	480	400	192.000		
Mezcla (Urea + Sulpomag)	410	500	205.000		
Boronatrocálcica	560	30	16.800		
Boron Max	7.600	2,00	15.200		
Análisis de suelos	32.000	0,05	1.600		
Semilla				51.200	7
Raps forrajero	12.800	4	51.200		
Agroquímicos				60.700	8
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Trifluralina	6.600	2,50	16.500		
Tordon	28.000	0,20	5.600		
Lontrel	28.000	0,15	4.200		
Karate	28.000	0,30	8.400		
Total (\$/ha)			764.500	764.500	100

Costo de producción de raps forrajero en condiciones de riego.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				390.000	39
Siembra	28.000	1	28.000		
Encalado	6.000	1	6.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Sandokan	18.000	1	18.000		
Catro	15.000	3	45.000		
Fertilización	6.000	3	18.000		
Fumigación	5.000	5	25.000		
Riego	60.000	4	240.000		
Fertilizante				502.600	50
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Superfosfato triple	480	400	192.000		
Mezcla (Urea + Sulpomag)	410	500	205.000		
Boronatrocálcica	560	30	16.800		
Boron Max	7.600	2,00	15.200		
Análisis de suelos	32.000	0,05	1.600		
Semilla				51.200	5
Raps forrajero	12.800	4	51.200		
Agroquímicos				60.700	6
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Trifluralina	6.600	2,50	16.500		
Tordon	28.000	0,20	5.600		
Lontrel	28.000	0,15	4.200		
Karate	28.000	0,30	8.400		
Total (\$/ha)			1.004.500	1.004.500	100

Costo de producción del kilo de materia seca en pastoreo de raps forrajero en condiciones de seco y riego.

kg MS consumido/ha	\$/kg MS en seco	\$/kg MS con riego
6.000	127	167
7.000	109	144
8.000	96	126
9.000	85	112
10.000	76	100
11.000	70	91
12.000	64	84
14.000	55	72
16.000	48	63
18.000	42	56
20.000	38	50
22.000	35	46

El costo de producción de raps forrajero bajo riego es mayor al sembrado en condiciones de secano. La diferencia entre ambas situaciones de producción se encuentra en la seguridad de alcanzar el rendimiento presupuestado. En secano la obtención de rendimientos superiores a 10 ton MS/ha está supeditado a las precipitaciones de primavera y del verano. En riego, en cambio, la producción es estable y solo se ve afectada por deficiencias en el manejo nutricional del cultivo o la falta de control de algunos bioantagonistas no detectados oportunamente.

Col forrajera

La col forrajera es una especie voluminosa que tiene por objetivo suplementar en pastoreo al ganado, principalmente, durante el periodo de otoño e invierno. En áreas templadas en que, habitualmente, presentan precipitaciones en el periodo de verano, se establece en condiciones de secano, en cambio, en áreas con extenso periodo de déficit hídrico estival, su cultivo se hace con riego.

Costo de producción de col forrajera sembrada en condiciones de secano.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				145.000	20
Siembra	28.000	1	28.000		
Encalado	6.000	1	6.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Sandokan	18.000	1	18.000		
Catro	15.000	3	45.000		
Fertilización	6.000	3	18.000		
Fumigación	5.000	4	20.000		
Fertilizante				502.600	68
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Superfosfato triple	480	400	192.000		
Mezcla (Urea + Sulpomag)	410	500	205.000		
Boronatrocálcita	560	30	16.800		
Boron Max	7.600	2,00	15.200		
Análisis de suelos	32.000	0,05	1.600		
Semilla				39.200	5
Coles forrajeras	9.800	4	39.200		
Agroquímicos				56.500	8
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Trifluralina	6.600	2,50	16.500		
Tordon	28.000	0,20	5.600		
Lontrel	28.000	0,15	4.200		
Karate	28.000	0,15	4.200		
Total (\$/ha)			743.300	743.300	100

Costo de producción de col forrajera en condiciones de riego.

Ítem	\$/U	U/ha	Total \$	Total \$	%
Labores				385.000	39
Siembra	28.000	1	28.000		
Encalado	6.000	1	6.000		
Rastra	10.000	1	10.000		
Sandokan	18.000	1	18.000		
Catro	15.000	3	45.000		
Fertilización	6.000	3	18.000		
Fumigación	5.000	4	20.000		
Riego	60.000	4	240.000		
Fertilizante				502.600	51
Dolomita 15	72	1.000	72.000		
Superfosfato triple	480	400	192.000		
Mezcla (Urea + Sulpomag)	410	500	205.000		
Boronatrocálcita	560	30	16.800		
Boron Max	7.600	2,00	15.200		
Análisis de suelos	32.000	0,05	1.600		
Semilla				39.200	4
Coles forrajeras	9.800	4	39.200		
Agroquímicos				56.500	6
Panzer Gold	6.500	4,00	26.000		
Trifluralina	6.600	2,50	16.500		
Tordon	28.000	0,20	5.600		
Lontrel	28.000	0,15	4.200		
Karate	28.000	0,15	4.200		
Total (\$/ha)			983.300	983.300	100

Costo de producción del kilo de materia seca en pastoreo de col forrajera en condiciones de secano y riego.

kg MS consumido/ha	\$/kg MS en secano	\$/kg MS con riego
6.000	124	164
7.000	106	140
8.000	93	123
9.000	83	109
10.000	74	98
11.000	68	89
12.000	62	82
14.000	53	70
16.000	46	61
18.000	41	55
20.000	37	49
22.000	34	45

La aplicación de riego al cultivo de la col forrajera genera un incremento de un 24% en el costo del kilo de materia seca. La ventaja que posee este manejo es la seguridad de producción y la reducción de las variaciones productivas entre años.

Comparación de costos de producción de forraje

El conocimiento del costo del kilo de materia seca consumido por el ganado (considera eficiencia de uso), es una herramienta que permite elaborar programas de explotación y alimentación con mayor exactitud y cercanos a la realidad productiva de cada predio. Los antecedentes que se presentan en este documento consideran distintos niveles productivos y de consumo del forraje, por lo que es fácil extrapolar esta información a las distintas realidades.

Pastoreo: Las especies suplementarias destinadas al pastoreo, tienen por objetivo aportar forraje voluminoso de calidad para los periodos de verano, otoño e invierno. En el cuadro resumen se han considerado los costos de producción en seco con diferentes niveles de rendimiento y consumo.

Costos del kilo de materia seca (\$/kg MS) de diferentes opciones de forrajes suplementarios destinados a pastoreo.

kg MS consumido	Avena	Avena + Ballica	Avena + Centeno	Nabos	Rutabaga	Raps	Col	Remolacha
2.000	88	131	182					
4.000	44	65	91					
6.000				116	124	127	124	275
8.000				87	93	96	93	206
10.000				69	74	76	74	165
12.000				58	62	64	62	137
14.000				50	53	55	53	118
16.000				43	46	48	46	103
18.000				39	41	42	41	92
20.000				35	37	38	37	82
22.000				32	34	35	34	75
24.000								69
26.000								63
28.000								59
30.000								55

Ensilaje: Diversas especies suplementarias son destinadas a la elaboración de ensilaje y henilaje. Todas presentan como característica principal el producir un alto volumen de forraje de calidad en un periodo inferior a 6 meses.

Costos del kilo de materia seca (\$/kg MS) de diferentes opciones de forrajes suplementarios cuyo objetivo es la elaboración de ensilaje.

kg MS consumido	Avena	Avena + Vicia	Trigo	Triticale	Cebada	Centeno	Maíz
4.000	190	175	212	219	196	204	
6.000	126	116	142	146	131	136	
8.000	95	87	106	109	98	102	
10.000	76	70	85	88	79	81	
12.000	63	58	71	73	65	68	121
14.000	54	50	61	63	56	58	103
16.000	47	44	53	55	49	51	90
18.000	42	39	47	49	44	45	80
20.000							72
22.000							66
24.000							60
26.000							56
28.000							52

Literatura citada

- ✓ *Águila, C.H., 1997. Pastos y Empastadas. Editorial universitaria. Octava edición. Santiago, Chile. 314p.*
- ✓ Aldrich & Leng, 1974. Producción moderna de maíz. Editorial hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. 308 p.
- ✓ Andrews, A.C., Wright, R., Simpson, P.G., Jessop, R., Reeves, S. and Wheeler, J., 1991. Evaluation of new cultivars of triticale as dual-purpose forage and grain crops. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 31:769-775.
- ✓ Anrique, G.R.; Fuchslocher, P.R.; Iraira, H.S. & Saldaña, P.R., 2008. Composición de alimentos para ganado bovino. Facultad de ciencias agrarias, Universidad Austral de Chile. Fundación para la innovación agraria (FIA), INIA Remehue, Consorcio lechero. Imprenta América Limitada. Valdivia, Chile. 87p.
- ✓ Anrique, R.; Molina, X.; Alfaro, M. & Saldaña, R., 2014. Composición de alimentos para el ganado bovino. Fundación para la Innovación Agraria, FIA, Ministerio de Agricultura, MINAGRI. Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. 91p.
- ✓ Ariel, A & Adine, G., 1994. Effect of Wheat Silage Maturity on Digestion and Milk Yield in Dairy Cows. *Journal of Dairy Science* 77:237-243.
- ✓ Assefa, Y.; Staggenborg, S. & Prasad, V. 2010. Grain Sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. Online. *Crop Management* doi:10.1094/CM-2010-1109-01-RV.
- ✓ Aucas, S.; Balocchi, O. & Keim, J.P., 2015. Inclusión del Nabo forrajero (Brassica rapa) como suplemento estival en dietas ofrecidas a vacas lecheras en predios de la Provincia de Ranco. *Agro Sur*, 43(3): 9-18.
- ✓ Baron, V.S.; Stevenson, K.R. & Buchanan-Smith, J.G. 1986. Proteolysis and fermentation of corn-grain ensiled at several moisture levels and under several simulated storage methods. *Canadian Journal of Animal Science* 66: 451-461.
- ✓ Barry, T.N., 2013. The feeding value of forage brassica plants for grazing ruminant livestock. *Animal Feed Science and Technology* 181: 15- 25
- ✓ Bernier, R. & Meneses, G., 1983. Fertilización de la col forrajera. Instituto de investigaciones agropecuarias (Chile), estación experimental Remehue (Osorno). Boletín técnico N°67 (67Re)
- ✓ Bonnett, O.T., 1961. Morphology and development. In: Coffman F.A. (ed.). Oats and oat improvement. Agronomy Monograph N° 8 American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin. USA. pp: 41-74.
- ✓ Borba, L.; Ferreira, M.; Guim, A.; Tabosa, J.; Gomes, H. & Fernandes, V. 2012. Nutritive value of different silage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) cultivars. *Acta Scientiarum*. *Animal Sciences* 4(2):123-129.
- ✓ Bustos, W. 1968. Cultivo del sorgo. *El Campesino* (Chile). 99(8): 14-19.
- ✓ Canseco, M.C., 2004. Rendimiento y calidad de dos cultivares de cebada (*Hordeum vulgare* L.) cosechados en ocho estados fenológicos diferentes. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 72p.
- ✓ Carpintero et al., 1979
- ✓ Cavallarini, L.; Antoniazzi, S.; Tabacco, E. & Borreani, G., 2006. Effect of the stage of growth, wilting and inoculation in field pea (*Pisum sativum* L.) silages. II. Nitrogen fractions and amino acid compositions of herbage and silage. *Journal of the science of food and agriculture*. 86: 1383-1390.
- ✓ Chen, Y. & Weinberg, Z.G., 2009. Changes during aerobic exposure of wheat silages. *Animal Feed Science and Technology*. 154: 76-82.
- ✓ Cherney, J.H. & Marten, G.C., 1982. Small grain crop forage potential: I. Biological and chemical determinants of quality, and yield. *Crop Science*, 22: 227-231.
- ✓ Chisi, M. & Peterson, G. 2018. Chapter 2: Breeding and agronomy. In: Taylor, T. & Duodu, K. (eds). Sorghum and millets: chemistry, technology and nutritional attributes (Second edition). Woodhead Publishing. Cambridge, United Kingdom. pp: 23-50.
- ✓ Cid, M.C., 1994. Productividad de cinco especies de *Vicia* sp. Asociadas con *Avena sativa* cv. Nehuen, en el secano de la IX Región. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agropecuarias, universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 80p.
- ✓ Cofré, B.P. & Soto, O.P. 1984. El sorgo: un recurso suplementario de verano. *Investigación y progreso agropecuario*. Quilamapu (Chile). 21: 23-29.
- ✓ Cote, R.; Gerrath, M.; Poslusznny, U. & Grodzinski, B., 1992. Comparative leaf development of conventional and semi-leafless peas (*Pisum sativum*). *Canadian Journal of Botany* 70(3): 571-580.
- ✓ Crovetto, G.M.; Galassi, G.; Rapetti, L.; Sandrucci, A. & Tamburini, A. 1998. Effect of the stage of maturity on the nutritive value of whole crop wheat silage. *Livestock Production Science* 55:21-32 (1998).
- ✓ Curtis, B. C.; Rajaram, S. & Gómez Macpherson, H., 2002. Bread wheat: improvement and production. Food and Agriculture Organization. Rome, Italy. 553p.
- ✓ David, D.B.; Nörnberg, J.L.; Azevedo, E.B.; Brüning, G.; Kessler, J.D. & Skonieski, F.R., 2012. Nutritional value of black and white oat cultivars ensiled in two phenological stages. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 39: 1409-1417.
- ✓ De la Puente, V.H. 1982. Evaluación preliminar de cultivares de maíz y sorgos forrajeros en la provincia de Osorno. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Facultad de agronomía. Pontificia universidad Católica de Chile. Santiago, Chile. 87p.
- ✓ De Ruyter, J.; Wilson, D.; Maley, S.; Fletcher, A., Fraser, T.; Scott, W.; Berryman, S.; Dumbleton, A. & Nichol, W., 2009. Management practices for forage brassicas. Forage Brassica development group. Christchurch, New Zealand. 62p.
- ✓ Del Río, R.R., 1987. Efecto del nivel y parcialización de nitrógeno sobre el rendimiento y calidad de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) en Valdivia. Tesis para opta al título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 54p.
- ✓ Demanet, F.R., 2014. Manual de especies forrajeras. Plan lechero Watts. Corfo. Universidad de La Frontera. Imprenta América. Valdivia, Chile. 163p.
- ✓ Demanet, R.F. & García, D.J.C., 1992. Leguminosas anuales para producción de forraje suplementario. En: Latrille, L.L. & Balocchi, L.O. (eds.). Producción animal. Instituto de producción animal. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Serie B-16. Valdivia, Chile. pp: 121-153.
- ✓ Demanet, F.R., 2019. Manual de especies forrajeras. Plan lechero Waat's. Corfo. Universidad de la Frontera. CRP Impresores SPA. Concepción, Chile. 266p.
- ✓ Dowswell, Ch.R.; Paliwal, R.L. & Cantrell, R.P. 1996. Maize in the third world. Westview Press. Boulder, Colorado, USA. 268p.

- ✓ Dumont, L.J.C. 1987. Utilización de avena en producción de leche y carne. En: Latrille, L.L. & Balocchi, L.O. Conservación de forrajes. Instituto de producción animal. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Serie B-12. Valdivia, Chile. pp: 322-337.
- ✓ Edmisten, K.L.; Green, J.T.; Mueller, J.P. & Burns, J.C. 1998. Winter annual small grain forage potential. I. Dry matter yield in relation to morphological characteristics of four small grain species at six growth stages. *Communication Soil Science and Plant Analysis*. 29(7-8):867-879
- ✓ Ellies, Sch.A.; MacDonald, R. & Ramírez, C. 1991. Efecto de las propiedades mecánicas del suelo en el desarrollo radicular en suelos rojo-arcillosos del centro sur de Chile. *Turrialba* 41(4): 496-499.
- ✓ Ellies, Sch.A.; MacDonald, R. & Ramírez, C. 1991. Efecto de las propiedades mecánicas del suelo en el desarrollo radicular en suelos rojo-arcillosos del centro sur de Chile. *Turrialba* 41(4): 496-499.
- ✓ Endo, Y. & Ohashi, H., 1996. The pollen morphology of *Vicia* (Leguminosae). *American Journal of Botany*, 83(8): 955-960.
- ✓ Eubanks, M.W. 2001. The mysterious origin of maize. *Economic Botany* 55(4): 492-514.
- ✓ Faiguenbaum, H.B., 1992. Producción de leguminosas hortícolas y maíces. Facultad de agronomía. Pontificia universidad católica de Chile. Santiago, Chile. 216p.
- ✓ Faiguenbaum, M.H. 2017. El cultivo del maíz. Impresora La discusión S.A. Chillán, Chile. 171p.
- ✓ Faria, A.T.; Ferrerira, E.A.; Rocha, P.R.R.; Silva, D.V.; Silva, A.A.; Fialho, C.M.T. & Silva, A.F. 2015. Effect of trinexapac-ethyl on growth and yield of sugarcane. *Planta daninha* 33(3): 491-497.
- ✓ Fraser, M.D.; Fychan, R. & Jones, R., 2001. The effect of harvest date and inoculation on the yield, fermentation characteristics and feeding value of forage pea and field bean silages. *Grass Forage Science*, 56: 218–230. Fraser et al., 2001
- ✓ García, S.C.; Fulkerson, W.J. & Brookes, S.U., 2008. Dry matter production, nutritive value and efficiency of nutrient utilization of a complementary forage rotation compared to a grass pasture system. *Grass Forage Science*, 63: 284–300.
- ✓ Genever, L. 2015. Using brassicas for better returns. Beef and sheep BRP manual 6. Agriculture and horticulture development board. Kenilworth, Warwickshire, United Kingdom. 13p.
- ✓ Gibbs, S.J. & Saldias B. 2014. Fodder beet in the New Zealand dairy industry. In: Proceedings of the annual conference of the south island dairy event, 23-25 June, Invercargill, New Zealand. pp. 237-246.
- ✓ Gibbs, S.J. & Saldias, B. 2014. Feeding fodder beet in New Zealand beef and sheep production. pp. 83-90. In: Proceedings of the society of sheep and beef veterinary association, 16-20 June, Hamilton, New Zealand.
- ✓ Gibbs, S.J.; Hodge, S.; Saldias, B.; Walsh, D.; Hastings, C.; Williams, N.; Davis, P.; Trotter, C.; de Ruiter, J.M.; Waugh, S. & Williams, D., 2015. Determining sources of variation in yield assessments of fodder beet crops in New Zealand: how many samples are needed. *Agronomy New Zealand* 45: 55-68.
- ✓ GRDC, 2018. GrowNotes: Cereal rye. Section 1. Planning and paddock preparation. Australian government. Grains research & development corporation. Canberra, Australia. 42p.
- ✓ Hamaker, B.R.; Mohamed, A.A.; Habben, J.E.; Huang, C.P. & Larkins, B.A. 1995. Efficient procedure for extracting maize and sorghum kernel proteins reveals higher prolamin contents than the conventional method. *Cereal Chemistry* 72: 583–588.
- ✓ Hazard, S.; Romero, O.; García, F.; Cañas, R.; Beratto, E.; Godoy, J.; Palacios, M.; Navarro, R. & Mardones, P., 2001. Evaluación de variedades de cebadas forrajeras (*Hordeum vulgare* L.) introducidas a Chile para alimentación de ganado vacuno lechero (Parte I: producción de forraje). En: García, F. & Cretton, P (ed.) Resúmenes reunión anual de la sociedad chilena de producción animal. (Sochipa). 25-27 de julio. Santiago. Chile. pp: 412-413.
- ✓ Harper, M. T.; Giallongo, J. Oh. F.; Roth, G. W. & Hristov A. N. 2017. Inclusion of wheat and triticale silage in the diet of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science* 100(8): 6151–6163
- ✓ Henry, C. 2000. Fodder beet. In: Bradshaw, J.E. (ed.) Root and tuber crops. Springer. New York, USA. pp: 221-243.
- ✓ Hoffman, P.C.; Esser, N.M.; Shaver, R.D.; Coblenz, W.K.; Scott, M.P., Bodnar, A.L., Schmidt, R.J. & Charley, R.C. 2011. Influence of ensiling time and inoculation on alteration of the starch-protein matrix in high-moisture corn. *Journal of Dairy Science* 94(5): 2465–2474.
- ✓ Honorato, P.R. 2000. Manual de edafología. Facultad de agronomía e ingeniería forestal. Ediciones universidad católica de Chile. Cuarta edición. Imprenta Salesianos S.A. Santiago, Chile. 241p.
- ✓ House, R. 1985. Guide to sorghum breeding. 2nd edition. International crops research institute for the semi-arid tropics. Patancheru, India. 206p.
- ✓ Ide, S.G., 1986. Efecto de la fecha de siembra sobre la productividad del sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense*) en Valdivia. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 48p.
- ✓ Jedel, P.E. & Helrn, H., 1993. Forage potential of pulse-cereal mixtures in central Alberta. *Canadian journal of plant science*, 73: 437-444
- ✓ Jurjanz, S. & Monteils, V. 2005. Ruminal degradability of corn forages depending on the processing method employed. *Animal Research* 54(1): 3-15.
- ✓ Kaiser, A.G.; Piltz, J.W., Burns, H.M. & Griffiths, N.W. 2004. Successful Silage. Dairy Australia NSW. Department of Primary Industries. New South Wales, Australia. 468p.
- ✓ Kato, Y.T.A.; Mapes, S.C.; Mera, O.L.M.; Serratos, H.J.A. & Bye, B.R.A., 2009. Origen y diversificación del maíz: una revisión analítica. Universidad Nacional Autónoma de México, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Editorial Impresora Apolo, S.A. de C.V. México, D.F., México. 116 pp.
- ✓ Kavanagh, V. & Hall, L., 2015. Biology and biosafety. En: Eudes, F.(ed) Triticale. Springer. Berlin, Germany. pp: 3–13.
- ✓ Kennely, J.J. & Weinberg, Z.G. 2003. Small grain silage. In: Buxton, D.R.; Muck, R.E. & Harrison, J.H. (eds.). Silage Science and Technology, Agronomy 42. ASA, CSSA and SSSA, Inc., Madison, Wisconsin, United State. pp: 141–198.
- ✓ Khvostova, V.V., 1983. Genetics and breeding of peas. Oxonian press. London, England. 293p.
- ✓ Kozloski, G.V.; Cadorn R.L. Jr.; Härter, C.J.; Oliveira, L., Alves, T.P.; Mesquita, F.R. & Castagnino, D.S. 2009. Effect of supplemental nitrogen source and feeding frequency on nutrient supply to lambs fed a kikuyu grass (*Pennisetum clandestinum*) hay-based diet. *Small Ruminant Research* 81: 112–118
- ✓ Kullmer, N.K., 1987. Efecto del nivel y parcialización de nitrógeno sobre el rendimiento y calidad de sorgo forrajero variedad Funk's 192F (*Sorghum bicolor* x *Sorghum*

- sudanense*) en Valdivia. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Valdivia. 48p.
- ✓ Kupicha, F.K., 1977. The delimitation of the tribe *Vicieae* and the relationships of *Cicer* L. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 74: 131-162.
 - ✓ Li, R., Zhang, H., Zhou, X., Guan, Y., Yao, F., Song, G., Wang, J., Zhang, C., 2010. Genetic diversity in Chinese sorghum landraces revealed by chloroplast simple sequence repeats. *Genetic resources and crop evolution*. 57: 1–15.
 - ✓ Listman, G.M. & Estrada, F.P., 1992. Mexican prize for the giant maize of Jala: source of community pride and genetic resources conservation. *Diversity* 8: 14-15.
 - ✓ Liua, Beiyi; Huana, Hailin; Gua, Hongru; Xua, Nengxiang; Shen, Qin & Ding, Chenlong, 2019. Dynamics of a microbial community during ensiling and upon aerobic exposure in lactic acid bacteria inoculation-treated and untreated barley silages. *Bioresource Technology* 273: 212–219.
 - ✓ López, J.R., 1991. Breeding forage and dual purpose triticale in Bordenave, Argentina. In: Proceedings of the 2rid Int. Triticale Symposium, 1-5 October 1990, Passo Fundo, Brazil. CIMMYT, pp. 161-163.
 - ✓ Lunnan, T. 1989. Barley-pea mixtures for whole crop forage. Effects of different cultural practices on yield and quality. *Norwegian Journal of Agricultural Science*, 3: 57-71.
 - ✓ Luo, J.; Sun, X.Z.; Pacheco, D.; Ledgard, S.F.; Lindsey, S.B.; Hoogendoorn, C.J.; Wise, B. & Watkins, N.L., 2015. Nitrous oxide emission factors for urine and dung from sheep fed either fresh forage rape (*Brassica napus* L.) or fresh perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Animal*, 9: 534–543.
 - ✓ Mangelsdorf, P.C. & Reeves, R.G. 1959. The origin of corn. I. Pod corn, the ancestral form. Harvard University. Botanical Museum Leaflets. 18(7): 329-355.
 - ✓ Mangelsdorf, P.C. & Reeves, R.G. 1959. The origin of corn. IV. Place and time of origin. Harvard University. Botanical Museum Leaflets. 18(10): 413-439.
 - ✓ Mangelsdorf, P.C. & Reeves, R.G. 1959. The origin of corn. III. Modern races, the product of teosinte introgression. Harvard University. Botanical Museum Leaflets. 18(9): 389-411.
 - ✓ Mangelsdorf, P.C., 1961. Introgression in maize. *Euphytica* 10:157-168.
 - ✓ Matsuoka, Y.; Vigouroux, Y.; Goodman, M.M.; Sánchez, J.J.; Buckler, G.E. & Doebley, J. 2002. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99 (6): 6080-6084.
 - ✓ Matthei, O; Matthei, J.; Marticorena, C. & Rodríguez, R. 1995. Manual de malezas que crecen en Chile. Alfabeta Impresiones. Santiago, Chile. 545 p
 - ✓ McDonald, G. K., 2003. Competitiveness against grass weeds in field pea genotypes. *Weed Research*. 43: 48–58.
 - ✓ Mera, 1989. Producción y mecanizada de arveja de grano seco. En: Mera M.M. (ed). V Seminario nacional de leguminosas de grano. Estación experimental Carillanca. Instituto de investigaciones agropecuarias. Temuco, Chile. pp: 153-181.
 - ✓ Mergoum, M.; Singh, P.K.; Anderson, J.A.; Peña, R.J.; Singh, R.P.; Xu, S.S. & Ransom, J.K., 2009. Spring wheat breeding. En: Carena, M.J. Cereal. Handbook of plant breeding. Springer, New York, NY. USA. pp:127-156.
 - ✓ Mergoum, M. & Macpherson, H. G., 2004. Triticale Improvement and Production. Plant production and protection paper 179. Food & Agriculture Organization. Rome, Italy. 154 p.
 - ✓ Miracle, M.P., 1965. The introduction and spread of maize in Africa. *The Journal of African History* 6(1): 39–55.
 - ✓ Moate, P.; Dalley, D.; Martin, K. & Grainger, C., 1998. Milk production responses to turnips fed to dairy cows in mid lactation. *Australian journal of experimental agriculture*. 38: 117-123.
 - ✓ Moate, P.; Dalley, D.; Roche, J.; Grainger, C.; Hannah, M. & Martin, K., 1999. Turnips and protein supplements for lactating dairy cows. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 39: 389-400.
 - ✓ Montemayor, T.J.; Suárez, G.E.; Munguía, L.J.; Mendoza, V.R., Segura, C.M.A. & Woo, R.J., 2018. Acolchados plásticos para la producción de maíz (*Zea mays* L.) forrajero en la Comarca Lagunera. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 20: 4107-4115.
 - ✓ Mu-Forster, C. & Wasserman, B.P. 1998. Surface localization of zein storage proteins in starch granules from maize endosperm: Proteolytic removal by thermolysin and in vitro cross-linking of granule-associated polypeptides. *Plant Physiology* 116: 1563–1571.
 - ✓ Opazo, R. 1932. Agricultura. Monografía cultural de plantas agrícolas. Cereales y plantas escardadas, horticultura. Tomo II. Imprenta Cervantes, Santiago, Chile. pp:434 – 465.
 - ✓ Owens, F.N.; Zinn, R.A. & Kim, Y.K. 1986. Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *Journal Animal. Science* 63:1634–1648.
 - ✓ Pahlow, G.; Muck, R.E.; Driehuis, F.; Oude-Elferink, S.J.W.H. & Spoelstra, S.F., 2003. Microbiology of ensiling. In: Buxton, D.R.; Muck, R.E. & Harrison, J.H. (Eds.), *Silage Science and Technology*. American Society of Agronomy, Madison, WI, United State. pp. 31–93.
 - ✓ Papastylianou, I., 1990. Response of pure stands and mixtures of cereals and legumes to nitrogen fertilization and residual effect on subsequent barley. *Journal of Agricultural Science*. 115: 15-22.
 - ✓ Parga, J.; Barrientos, L.; Pulido, R.; Canto, F.; Lanuza, F.; Balocchi, O. & Uribe, C., 2010. Suplementación estival de vacas lecheras a pastoreo con Nabo forrajero (*Brassica rapa* L.): Respuesta productiva. En: Hepp, K.Ch. (ed.) Libro de resúmenes XXXV congreso de la sociedad chilena de producción animal. Coyhaique, Chile. pp: 117-118.
 - ✓ Parga, J.; Lanuza, F.; Pulido, R.; Balocchi, O.; Canto, F.; Campo, S. & Uribe, C., 2009. Suplementación estival de vacas lecheras a pastoreo con Nabo forrajero (*Brassica rapa* L.). En: Alfaro, M. (ed.). Libro de resúmenes XXXIV congreso de la sociedad chilena de producción animal. Pucón, Chile. pp: 73-74
 - ✓ Pichard, G. & Águila, J.C., 1983. Cultivos forrajeros suplementarios. Gerencia de desarrollo de la corporación de fomento de la producción. Facultad de agronomía. Pontificia universidad católica de Chile. Santiago, Chile. 31p.
 - ✓ Pichard, G., 1986. Sorgo forrajero. *El Campesino* (Chile). 117(12): 40-46.
 - ✓ Polhill, R.M. & Raven P.H., 1981. Advances in legume systematics. Parts 1 & 2. The royal botanic gardens, Kew. Richmond, England. 1049p.
 - ✓ Robledo, F. & Martin, L. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 573 p.
 - ✓ Rodríguez, R.; Marticorena, C.; Alarcón, D.; Baeza, C.; Cavieres, L.; Finot, V.; Fuentes, N.; Kiessling, A.; Mihoc, M.; Pauchard, A.; Ruiz, E.; Sanchez, P. & Marticorena,

- A., 2018. Catálogo de las plantas vasculares de Chile. *Gayana Botánica*, 75(1): 1-430
- ✓ Rondahl, T.; Bertilsson, J. & Martinsson, K., 2011. Effects of maturity stage, wilting and acid treatment on crude protein fractions and chemical composition of whole crop pea silages (*Pisum sativum* L.). *Animal feed science and technology*. 163: 11–19.
 - ✓ Rosales, L.J.C. 1999. El cultivo de la cebada (*Hordeum vulgare*) y sus principales Plagas y Enfermedades. Monografía. Universidad autónoma agraria Antonio Narro. División de agronomía. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. 91p.
 - ✓ Royo, C.; Insa, J.A.; Boujenna, A.; Ramos, J.M.; Montesinos, E. & Garía del Moral., L.F. 1994. Yield and quality of spring triticale used for forage and grain as influenced by sowing date and cutting stage. *Field Crops Research* 37: 161-168.
 - ✓ Salawu, M.B.; Adesogan, A.T.; Weston, C.N. & Williams, S.P., 2001. Dry matter yield and nutritive value of pea/wheat bi-crops differing in maturity at harvest, pea to wheat ratio and pea variety. *Animal Feed Science and Technology*. 94: 77–87.
 - ✓ Salcedo, D.G., 1998. Valor nutritivo y degradabilidad ruminal de *Avena sativa* y *Vicia sativa*. *Pastos*, 28 (1): 71 -85.
 - ✓ Sarrantonio, M. and E. Gallandt. 2003. The role of cover crops in North American cropping systems. *Journal of Crop Production* 8:53-74.
 - ✓ Soto, O.P.; Figueroa, R.M. & Martínez, R.C., 1984. Frecuencia e intensidad de utilización de un híbrido de sorgo x pasto sudan en suelos arroceros (Ñuble, VII Región). *Agricultura técnica* (Chile). 44(3): 237-243.
 - ✓ Staples, C. R.; Fernando, R. L.; Fahey, Jr., G. C.; Berger, L. L. & Jaster, E. H. 1984. Effects of intake of a mixed diet by dairy steers on digestion events. *Journal of Dairy Science* 67:995-1006
 - ✓ Stehr, W.W., 1987. Ensilaje de maíz en producción de leche y carne. En: Latrille, L.L. & Balocchi (eds.). Conservación de forrajes. Instituto de producción animal. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Seri B-12. Valdivia, Chile. pp: 338-351.
 - ✓ Sun, X.Z.; Waghorn, G.C.; Hoskin, S.O.; Harrison, S.J.; Muetzel, S. & Pacheco, D., 2012. Methane emissions from sheep fed fresh brassicas compared to perennial ryegrass. *Animal feed science technology*, 176: 107–116.
 - ✓ Sundberg, M.D. & Orr, A.R. 1986. Early inflorescence and floral development in *Zea diploperennis*, diploperennial teosinte. *American Journal of Botany* 73(12): 1699-1712.
 - ✓ Tari, I.; Laskay, G.; Takacs, Z. & Poor, P., 2013. Response of sorghum to abiotic stress: A review. *Journal of agronomy and crop science* 199: 264–274.
 - ✓ Teuber, K.N. 2000. El triticale como recurso forrajero en la X región. En: Granger, D.; Hazard, S.; Hewstone, C.; Rojas, C.; Romero, O. & Teuber, N. (Editores). El triticale en el sur de Chile. Boletín INIA N°12. Instituto de investigaciones agropecuarias. Centro regional Carillanca. Temuco, Chile. pp: 29-32.
 - ✓ Teuber, N., 1985. Cultivo y utilización de la col forrajera. Programa praderas. Centro regional de investigación Remehue. Instituto de investigaciones agropecuarias. Ministerio de agricultura. Boletín técnico N° 61 (11 re.). Osorno, Chile. 32p.
 - ✓ Teuber, N.; Goic, L. & Navarro, H., 2000. Fechas de siembra, acumulación de materia seca y calidad bromatológica de cebada para ensilaje. Evaluación agronómica. Resúmenes de la XXV reunión anual de la sociedad chilena de producción animal (Sochipa). 18 a 20 de octubre. Puerto Natales, Chile. pp: 69-70
 - ✓ Teuber, N.; Navarro, H.; Goic, L. & Angulo, L., 2001. Distintas fechas de siembra, acumulación de materia seca y calidad bromatológica de cebada para ensilaje. En: García, F. & Cretton, P. (ed.) Resúmenes reunión anual de la sociedad chilena de producción animal. (Sochipa). 25-27 de julio. Santiago. Chile. pp 446-447
 - ✓ Vanderwerff, L.; Ferraretto, L.; Salvati, G. & Shaver, R. 2014. Update on Corn Shredlage for Dairy Cows. Focus on forage 16(4): 1-3.
 - ✓ Venkateswaran, K.; Elangovan, M. & Sivaraj, N. 2018. Chapter 2: Origin, domestication and diffusion of *Sorghum bicolor*. IN: Aruna, C.; Visarada, K.B.R.S.; Bhat, B.V. & Tonapi, V.A. (eds.) Breeding sorghum for diverse end uses. Woodhead Publishing. Cambridge, United Kingdom. pp: 23-50.
 - ✓ Wall, D.A.; Friesen, G.H. & Bhati, T.K., 1991. Wild mustard interference in traditional and semi-leafless field pea. *Canadian Journal of Botany* 71:473-480.
 - ✓ Wannaseka, L.; Ortnerb, M.; Kaula, H.P.; Amonc, B. & Amonc, T., 2019. Double-cropping systems based on rye, maize and sorghum: Impact of variety and harvesting time on biomass and biogas yield. *European Journal of Agronomy* 110: 125934
 - ✓ Warwick, S.I. & Hall, J.C., 2009. Phylogeny of Brassica and wild relatives. In: Gupta, S.K. (ed.), Biology and breeding of crucifers. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA. pp: 19-36.
 - ✓ Whitson, T. 1996. Weeds of the west. 5th Edition. Pioneer of Jackson Hole, Jackson, Wyoming, USA. 630p.
 - ✓ Wilkes, H.G. 1979. México and Central América as a centre for the origin of agriculture and the evolution of maize. *Journal of Crop Improvement* 6(1): 1-18.
 - ✓ Wilkins, R.J. & Jones, R., 2000. Alternative home-grown protein sources for ruminants in the United Kingdom. *Animal feed science and technology*. 85: 23–32.
 - ✓ Wilkinson, J.M. & Davies, D.R., 2013. The aerobic stability of silage: key findings and recent developments. *Grass Forage Science*. 68, 1–19.
 - ✓ Yosef, E.; Carmi, A.; Nikbachat, M.; Zenou, A.; Umiel, N. & Miron, J., 2009. Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels, for summer and subsequent fall harvests, and digestibility by sheep of their silages. *Animal feed science and technology* 152: 1–11
 - ✓ Zagal, V.E.; Hirzel C.J. & Vidal, P.I., 2003. Evaluación de la recomendación de fertilización nitrogenada para cultivos anuales en suelos de origen volcánico usando un modelo de simulación. *Agricultura técnica* (Chile), 63(1): 94-104.
 - ✓ Brandolini, A. 1970. Maize. In: Frankel, O.H. & Bennett, E. (eds.) Genetic Resources in Plants—Their Exploration and Conservation. Oxford: Blackwell Scientific Publications. Philadelphia. USA. Pp: 273-309.
 - ✓ Contreras, T.D. & Caviedes, E. 1977. Recursos forrajeros para el secano de la zona comprendida entre Aconcagua y Arauco. En Porte, F.E. (ed.) Producción de carne bovina. Editorial universitaria. Santiago, Chile. pp: 21-44.
 - ✓ Altamirano, S.S., 1978. Cultivo de maíz. Estación experimental La Platina. Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín N° 21. Santiago, Chile. 62p.
 - ✓ Finley, J.W.; Pallavicini, C. & Kohler, G.O., 1980. Partial isolation and characterisation of *Medicago sativa* leaf proteases. *Journal of the science of food and agriculture*. 31: 156–161
 - ✓ Cherney, J.H.; Marten, G.C. & Goodrich, R.D., 1983. Rate and extent of cell wall digestion of total forage and morphological components of oats and barley. *Crop Science*, 23: 213-216.

- ✓ Olivares, E.A.; Yung, L.C. & Contreras, T.D. 1984. Posibilidades del sorgo (*Sorghum bicolor* (Linn) Moench) como recurso forrajero suplementario para el secano costero, comuna La Unión, X Región. *Avances en producción animal*. 9(1-2): 29-41.
- ✓ Olivares, E.A.; Yung, L.C. & Contreras, T.D. 1984. Posibilidades del sorgo (*Sorghum bicolor* (Linn) Moench) como recurso forrajero suplementario para el secano costero, comuna La Unión, X Región. *Avances en producción animal*. 9(1-2): 29-41.
- ✓ McKersie, B.D., 1985. Effect of pH on proteolysis in ensiled legume forage. *Agronomy Journal*. 77: 81–86.
- ✓ Stace, C.A., 1987. Triticale: a case of nomenclatural mistreatment. *Taxon* 36(2): 445-452.
- ✓ Muck, R.E., 1988. Factors influencing silage quality and their implications for management. *Journal of dairy science*. 71: 2992–3002.
- ✓ Camide, V.; Mascarenhas-Ferreira, A. & Guedes-Pinto, H., 1988. A comparative study of triticale lines as a forage crop. Tagungsbet. Akad. Landwirtschaftswiss. DDR, 266: 591-604.
- ✓ Molina, J., 1989. La cebada. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Ediciones Mundi prensa. Madrid. España. 256p.
- ✓ Hanelt, P. & Mettin, D., 1989. Biosystematics of the genus *Vicia* L. (Leguminosae). *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 20: 199-223.
- ✓ Dumont, J.C. & Lanuza, F. 1990. Producción y composición química de la avena (*Avena sativa* L.) en diferentes estados de desarrollo. *Agricultura Técnica* (Chile) 50:1-6.
- ✓ Klein, F.; Elizalde, F.; Lanuza, F. Parga, J. & Meyer, F. 1990. Prospección de rendimiento y calidad de ensilajes de maíz en la zona sur. Informe técnico programa de producción de leche. estación experimental Remehue. INIA. Osorno, Chile. pp: 59-71.
- ✓ Charmley, E. & Veira, D.M., 1990. Inhibition of proteolysis at harvest using heat in alfalfa silages: effects on silage composition and digestion by sheep. *Journal of animal science*. 68: 758–766.
- ✓ Acosta, Y.M.; Stallings, C.C.; Polan, C.E. & Miller, C.N. 1991. Evaluation of barley silage harvested at boot and soft dough stages. *Journal Dairy Science*, 74(1):167 - 176.
- ✓ Chapko, L.B; Brinkman, M.A. & Albrecht, K.A., 1991. Oat, oat-pea, barley, and barley-pea for forage yield, forage quality, and alfalfa establishment. *Journal of Production Agriculture*, 4: 486-491.
- ✓ McDonald, P.; Henderson, N. & Heron, S., 1991. The Biochemistry of Silage, second ed. Chalcombe Publications, Marlow, United Kingdom.
- ✓ Hall, M.H. & Kephart, K.D., 1991. Management of spring-planted pea and triticale mixtures for forage production. *Journal of Production Agriculture* 4: 213-218.
- ✓ Kristensen, V.F., 1992. The production and feeding of whole-crop cereals and legumes in Denmark. In: Stark, B.A. & Wilkinson, J.M. (Eds.), Whole-Crop Cereals, 2nd editon. Chalcombe Publications, Kingston, Kent, United Kingdom. pp: 21–37.
- ✓ Nagel, S.A. & Broderick, G.A., 1992. Effect of formic acid or formaldehyde treatment of alfalfa silage on nutrient utilization by dairy cows. *Journal of dairy science*. 75:140–154.
- ✓ Maroto, J., 1992. El cultivo de las leguminosas hortícolas. En: Cubero, J. & Moreno, M. (eds.) Leguminosas de grano. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid, España. pp: 95-121.
- ✓ Khorasani, G.R.; Okine, E.K.; Kennelly, J.J. & Helm, J.H. 1993. Effect of whole crop cereal grain silage substituted for alfalfa silage on performance of lactating dairy cows. *Journal Dairy Science* 76:3536-3546.
- ✓ Parga, M.J. & Torres, B.A., 1993. Cultivos forrajeros para sistemas lecheros. En: Lanuza, F. & Bortolameolli, G. (ed.). II Seminario: Aspectos técnicos y perspectivas de producción de leche. Estación experimental Remehue. INIA. Serie Remehue N°33. Osorno, Chile. pp: 49-78.
- ✓ Royo, C.; Montesinos, E.; Molina-Cano, J.L. & Serra, J., 1993. Triticale and other small grain cereals for forage and grain in Mediterranean conditions. *Grass Forage Science* 48(1):11-17.
- ✓ Sarrantonio, M. 1994. Northeast Cover Crop Handbook. Soil Health Series. Rodale Institute, Kutztown, Pennsylvania, Estados Unidos. 118P.
- ✓ Ellies, Sch.A., 1994. Limitantes físicas en la producción de forraje. En: Latrille.L.L. (ed.) Producción animal. Instituto de producción animal. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Serie B-18. Action gráfica S.A. Valdivia, Chile. pp: 23-38.
- ✓ Ellies, Sch.A., 1994. Limitantes físicas en la producción de forraje. En: Latrille.L.L. (ed.) Producción animal. Instituto de producción animal. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Serie B-18. Action gráfica S.A. Valdivia, Chile. pp: 23-38.
- ✓ Hargreaves, B.A., 1994. Uso de cereales de grano pequeño como planta completa en producción animal. Instituto de producción animal. Facultad de ciencias agrarias. Universidad Austral de Chile. Serie B-18. Valdivia, Chile. pp: 1-22.
- ✓ Gowers, S. & Armstrong, S.D., 1994. A comparison of the yield and utilisation of six kale cultivars. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 37: 481-485.
- ✓ Santini, B.M., 1995. Productividad y calidad de la mezcla *Pisum sativum*/*Avena sativa* en asociación con *Lolium perenne* o *Lolium multiflorum* en el secano de la IX Región. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile.
- ✓ Parodi, B.O. & Altamirano, S.S. 1995. El cultivo el maíz. Centro regional La Platina. Instituto de investigaciones agropecuarias. Santiago. Chile. 173p.
- ✓ Vagnoni, D.B.; Broderick, G.A. & Muck, R.E., 1997. Preservation of protein in wilted lucerne using formic, sulphuric or trichloroacetic acid. *Grass forage science*. 52: 5–11.
- ✓ Cantero, M.M., 1997. Efecto de la dosis de semilla de *Pisum sativum* L. en el establecimiento y producción de *Trifolium pratense* – *Lolium multiflorum* en el secano de la IX Región. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 131p.
- ✓ Khorasani, G. R.; Jedel, P. E.; Helm, J. H. & Kennelly, J. J. 1997. Influence of stage of maturity on yield components and chemical composition of cereal grain silages. *Canadian veterinary journal* 77(2):259-267.
- ✓ Lange, W.; Brandenburg, W.A. & de Bock, T.S.M., 1999. Taxonomy and cultonomy of beet (*Beta vulgaris* L.). *Botanical Journal of the Linnean Society* 130(1): 81–96.
- ✓ Romero, O.; Rojas, C.; Butendieck, N. & Hazard, S., 1999. Producción de materia seca y calidad nutritiva de tres especies de cereales: avena, cebada y triticale para ensilaje. Resúmenes de la XXIV reunión anual de la sociedad chilena de producción animal (Sochipa). 27-29 octubre. Temuco, Chile. pp: 49-50.
- ✓ White, J.G.H.; Matthew, C. & Kemp, P.D., 1999. Supplementary feeding systems. In: White J. & Hodgson, J. (eds.) New Zealand pasture and crop science. Oxford

university press. Auckland, New Zealand. pp: 175- 197.

- ✓ Christensen, D.A. & Mustafa, A.F., 2000. The use of peas in dairy rations. *Advanced dairy science and technology*. 12: 293–302.
- ✓ Rojas, G.C. & Catrileo, S.A., 2000. Evaluación de ensilaje de cebada en tres estados de corte en la engorda invernal de novillos. *Agricultura técnica* (Chile) 60(4): 370-378.
- ✓ Mustafa, A.F.; Christensen, D.A. & McKinnon, J.J., 2000. Effects of pea, barley, and alfalfa silage on ruminal nutrient degradability and performance of dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83: 2859–2865.
- ✓ Resende, P.A.P.; Soares, J.E. & Hudetz, M., 2001. Moddus, a plant growth regulator and management tool for sugarcane production in Brazil. *International Sugar Journal* 102(1225): 5-9.
- ✓ Morra, M.J. & Kirkegaard, J.A., 2002. Isothiocyanate release from soil-incorporated brassica tissues. *Soil Biology and Biochemistry*, 34: 1683–1690.
- ✓ Elizalde, V.H.F. & Gallardo, C.M., 2003. Evaluación de ensilajes de avena y cebada en la ganancia de peso de vaquillas en crecimiento. *Agricultura técnica* (Chile). 63 (4): 380-386.
- ✓ Catrileo, S.A.; Rojas G.C.; Matus, C.J., 2003. Evaluación de la producción y calidad de cebada sembrada sola y asociada a especies forrajeras para la producción de ensilaje. *Agricultura técnica* (Chile) 63(2): 135-145.
- ✓ Rojas, G.C.; Catrileo, S.A.; Martínez, B.M & Calabi, F.F., 2004. Evaluación de la época de corte de triticale (x *Triticosecale* Wittmack) para ensilaje. *Agricultura técnica* (Chile) 64(1):34-40.
- ✓ Elizalde, V.H.F. & Menéndez, V.A.M., 2004. Evaluación de ensilajes de cereales de grano pequeño, sobre la producción de leche de vacas overo colorado. *Agro Sur* 32(2): 54-59.
- ✓ Malagoli, P.; Laine, P.; Rossato, L. & Ourry, A., 2005. Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus*) from stem extension to harvest. I. Global N flows between vegetative and reproductive tissues in relation to leaf fall and their residual. *N. Annals Botany*, 95: 853–861.
- ✓ Dumont, L.J.C.; Anrique, G.R. & Alomar, C. D. 2005. Efecto de dos sistemas de determinación de materia seca en la composición química y calidad del ensilaje directo de avena en diferentes estados fenológicos. *Agricultura Técnica* 65(4): 388-396.
- ✓ Beratto, M.E., 2006. Cultivo de avena en Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Centro Regional de Investigación INIA Carillanca. Imprenta Austral. Temuco, Chile. 297p.
- ✓ Al-Shehbaz, L.A.; Beilstein M.A. & Kellogg, E.A., 2006. Systematics and phylogeny of the Brassicaceae (Cruciferae): An overview. *Plant Systematics and Evolution*, 259(2): 89-120.
- ✓ Charlton, D. & Stewart, A., 2006. Pasture and forage plants for New Zealand. New Zealand grassland association. New Zealand grassland trust. Grassland research and practice series N°8. Third edition revised and expanded. Auckland, New Zealand. 128p.
- ✓ Kleinschmit, D.H. & Kung Jr, L., 2006. A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. *Journal Dairy Science*. 89: 4005–4013
- ✓ Matthiessen, J.N. & Kirkegaard, J.A., 2006. Biofumigation and enhanced biodegradation: opportunity and challenge in soilborne pest and disease management. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 25: 235–265.
- ✓ Nadeau, E. 2007. Effects of plant species, stage of maturity and additive on the feeding value of whole-crop cereal silage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87: 789–801.
- ✓ Paine, S.J., 2007. Efecto de la época de cosecha en el rendimiento y calidad de cinco cultivares de cebada (*Hordeum vulgare* L.) para ensilaje. Tesis para optar al título de ingeniero agrónomo. Facultad de ciencias agropecuarias y forestales. Universidad de La Frontera. Temuco, Chile. 53p.
- ✓ Robson, S., 2007. Prussic acid poisoning in livestock. NSW Department of Primary Industries. New South Wales. Australia. *Primefact* 417: 1-3.
- ✓ Harker, K.N.; Clayton, G.W. & Blackshaw, R.E., 2008. Comparison of leafy and semi-leafless pea for integrated weed management. *Weed Technology*. 22: 124-131.
- ✓ Saggari, S.; Tate, K.R.; Giltrap, D.L. & Singh, J., 2008. Soil-atmosphere exchange of nitrous oxide and methane in New Zealand terrestrial ecosystems and their mitigation options: a review. *Plant Soil*, 309: 25–42.
- ✓ Mackay, A.D., 2008. Impacts of intensification of pastoral agriculture on soils: current and emerging challenges and implications for future land uses. *New Zealand Veterinary Journal*, 56: 281–288.
- ✓ Snyder, A.J.; Johnson-Maynard, J.L. & Morra, M.J., 2010. Nitrogen mineralization in soil incubated with 15N-labeled Brassicaceae seed meals. *Applied Soil Ecology*, 46: 73–80.
- ✓ Lanuza, F., 2011. Suplementos Alimenticios. En: Pulido, R.; Parga, J.; Lanuza, F. & Balocchi, O. (eds.). Suplementación de vacas lecheras a pastoreo. Consorcio Tecnológico de la Leche S.A. Osorno, Chile. pp. 21-48.
- ✓ Carrasco, N.; Zamora, M. & Merlin, A., 2011. Manual de sorgo. Publicaciones regionales. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Centro Regional Buenos Aires Sur. Ministerio de Asuntos Agrarios. Buenos Aires, Argentina. 110 p.
- ✓ Gibbs, S.J. 2011. Fodder beet for wintering cows. In: Proceedings of the annual conference of the south island dairy event, June, Lincoln, New Zealand. pp. 230-238
- ✓ Berenji, J.; Dahlberg, J.; Sikora, V. & Latković, D. 2011. Origin, history, morphology, production, improvement, and utilization of broomcorn [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Serbia. *Economic Botany*, 65(2): 190–208.
- ✓ Willcox, G. & Stordeur, D. 2012. Large-scale cereal processing before domestication during the tenth millennium cal BC in northern Syria. *Antiquity* 86: 99–114.
- ✓ Pardo de Santayana, M.; Morales R.; Aceituno, L & Molina, M. 2014. Inventario español de los conocimientos tradicionales relativos a la biodiversidad agrícola. Ministerio de agricultura, alimentación y medio ambiente secretaria general técnica centro de publicaciones. Impresión Monterrein. Madrid, España. 413p.
- ✓ Blum, A., 2014. The abiotic stress response and adaptation of triticale—A review. *Cereal Research Communications* 42(3): 359–375.
- ✓ Huyghe, Ch.; De Vlieghe, A, van Gils, B. & Peeters, A. 2014. Grassland and herbivore production in Europe and effect of common policies. Editions Quae. Versailles, France. 287p.

- ✓ IANSA S.A., 2014. Manual de cultivo de remolacha. Normas y prácticas para la alta producción de remolacha azucarera en Chile. Impresiones QuadGraphics. San Carlos, Chile. 147p.
- ✓ Carevic, R.A., 2017. Las culturas originarias y el maíz en el desierto chileno como fuentes de un desarrollo local y agroecológico. *Sustentabilidad* 8(16): 84 – 95.
- ✓ Adhikari, L.; Mohseni-Moghadam, M. & Missaoui, A. 2018. Allelopathic effects of cereal rye on weed suppression and forage yield in alfalfa. *American Journal of Plant Sciences* 9: 685-700.
- ✓ Stépanoff, Ch. & Vigne J.D. 2018. Hybrid communities. Biosocial approaches to domestication and other trans-species relationships. Routledge, Taylor & Francis group. 1st Edition. London, United Kingdom. 306p.
- ✓ Hegi, G., 1986. *Illustrierte Flora von Mitteleuropa*. 3a ed.. In: Conert, U. H.J.; Schultz-Motel, H.W. & Wagenitz, G. Tomo IV, Angiospermae - Dicotyledones. Parte 1. Parey, Berlin, Hamburgo. Alemania. 320p.

Manual de Cultivos Suplementarios

ISBN: 978-956-09253-5-0

AUTOR

Rolando Demanet Filippi
Dr. Ingeniero Agrónomo
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales
Universidad de La Frontera

Cristian Canales Cartes
Ingeniero Agrónomo
Jefe Desarrollo Agropecuario
Watt's S.A.

Juan Carlos García Diez
Ingeniero Agrónomo
Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales
Universidad de La Frontera

COMITÉ EDITORIAL

Francisco Deck Román
Luis Reyes Dimter
Jaime Vásquez Martínez
Fernando Herrera Uherek

DISEÑO Y EDICIÓN

Cecilia Araneda P.
Carla Bizama D.

PRIMERA EDICIÓN

Año 2021
Imprenta América, Valdivia

Demanet, F.R.; Canales, C.C. & García, J.C.D., 2021. Manual de cultivos suplementarios. Plan Lechero Watt's – Universidad de La Frontera. Imprenta América, Valdivia, Chile. 180p.

DERECHOS RESERVADOS. NINGUNA PARTE DE ESTA OBRA DE INVESTIGACIÓN PUEDE SER REPRODUCIDA, ALMACENADA O TRANSMITIDA A TRAVÉS DE MEDIOS ÓPTICOS, ELÉCTRICOS, ELECTRÓNICOS, FOTOGRAFICOS O FOTOCOPIA, SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA PREVIA DEL AUTOR.



Manual de Cultivos Suplementarios

ISBN: 978-956-09253-5-0



9 789560 925350