



MANUAL

Cultivo del maíz para ensilaje



Rolando Demanet Filippi
Cristian Canales Cartes

EDICIÓN 2020



ISBN 978-956-09253-1-2

Autores

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.

Comité editor

Francisco Deck Román
Alex Knopel Schüler
Luis Reyes Dimter
Jaime Vásquez Martínez

Diseño y diagramación

Cecilia Araneda Padilla
Carla Bizama Del Pino

Fotografías

Rolando Demanet Filippi

Edición

2020



Un agradecimiento especial a CORFO, quien a través del cofinanciamiento de Programas de Desarrollo de Proveedores (PDP), permite concretar iniciativas que agregan valor a la cadena productiva nacional.

Derechos reservados. Ninguna parte de esta obra puede ser reproducida, almacenada o transmitida a través de medios ópticos, eléctricos, electrónicos, químicos, fotográficos, sin la autorización previa por escrito de los autores.

Introducción	1
Descripción de la planta	2
Híbridos de maíz	6
Requerimientos del cultivo	11
Cultivo del maíz	14
Crecimiento y producción	28
Ensilaje	33
Calidad nutricional	41
Pastoreo y soiling	46
Costos de producción	48
Literatura citada	51

Introducción

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 28 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 manual 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. La mirada de este documento centra su atención en las soluciones agronómicas a los tradicionales problemas de siembra y almacenaje del maíz ensilado, pero también énfasis en la adaptabilidad de la implementación de los procesos propuestos para lograr la mayor producción y calidad.

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 y 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 solo 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 arrolladas 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.

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.

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.

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).



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 y 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 - 2.450 y el periodo desde la siembra a la madurez fisiológica entre 164 - 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 maíces de ciclos un poco más largos, 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 del sistema.

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 hace manteniendo las semillas 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 tendedura 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 ballica. En la mazorca es habitual la presencia de *Heliothis zea* (Boddie), *noctuidae*, *syn Helicoverpa zea* (gusano del choclo), *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 en 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 tener 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, en las que hay 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	Exxplicit	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	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

La información fue proporcionada por las empresas para ser publicadas en este manual.



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	Irenoxx	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	Katarsis	200
KWS	Koloris	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

La información fue proporcionada por las empresas para ser publicadas en este manual.



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 a 20 ton MS/ha y 700 mm para una producción de 28 ton MS/ha.



Plantas con estrés hídrico.

Plantas sin estrés hídrico.

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 afectan directamente el crecimiento y desarrollo de las plantas.



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, en las que el cultivo no ha presentado problemas sanitarios ni tampoco reducción de rendimiento. Sin embargo, en el mantenimiento 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.

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 sólo 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.



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

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 el mantenimiento 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).



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

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).

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 (Fauguenbaum, 2017).



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

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 (Fauguenbaum, 2017).



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

La siembra se hace 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 tendadura (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
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
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 reduce 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

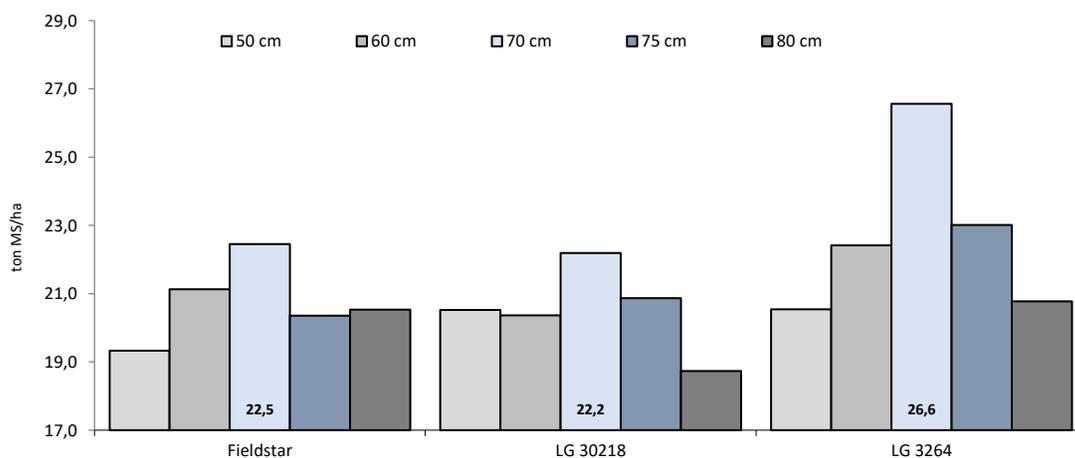
La profundidad de siembra depende del calibre de la semilla, la calidad de la preparación del suelo y el sistema de riego. El rango de profundidad a la cual se localiza la semilla es entre tres y cinco centímetros. Semillas de calibre pequeño se establecen a menor profundidad que aquellas de mayor calibre 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 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 (Demanet, 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			%		
Testigo	0	800	400	0	30,20 abc	20,68 c	100
Estabilizado pavo	2.000	700	400	50	32,10 a	23,92 ab	116
Estabilizado pavo	4.000	600	350	0	28,00 bc	21,70 bc	105
Estabilizado pavo	6.000	400	300	0	27,60 c	24,42 a	118
Bioestabilizado cerdo	2.000	700	400	100	29,10 abc	21,00 c	102
Bioestabilizado cerdo	4.000	500	400	100	31,60 ab	22,00 bc	106
Bioestabilizado cerdo	6.000	200	350	100	26,90 c	21,43 c	104
Promedio					29,40	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.

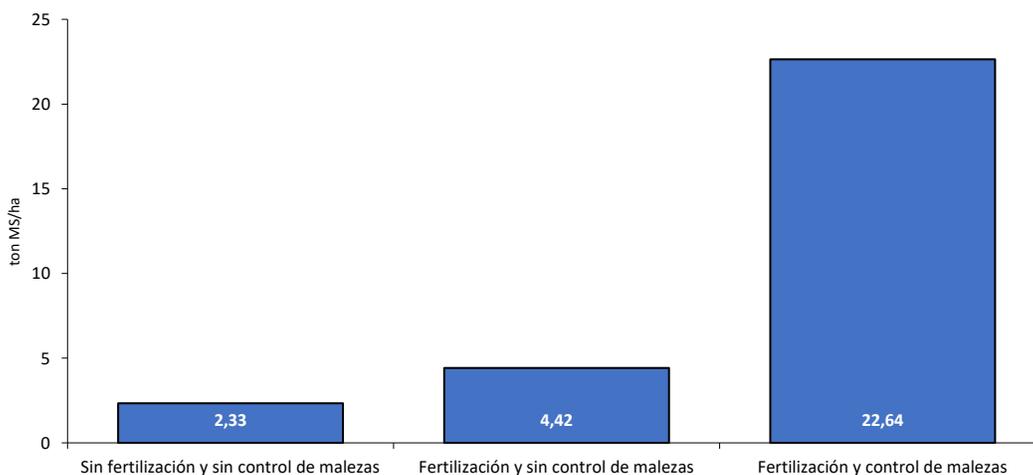
En el comercio mundial existen diversos productos biológicos que tienen como objetivo promover la actividad biológica del suelo y mejorar el ambiente edáfico. La medición del efecto de un polipéptido de bajo peso molecular enriquecido con aminoácidos, ácidos fúlvicos, carbohidratos, lípidos, nitrógeno, 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 en otros tipos de pasturas. 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.



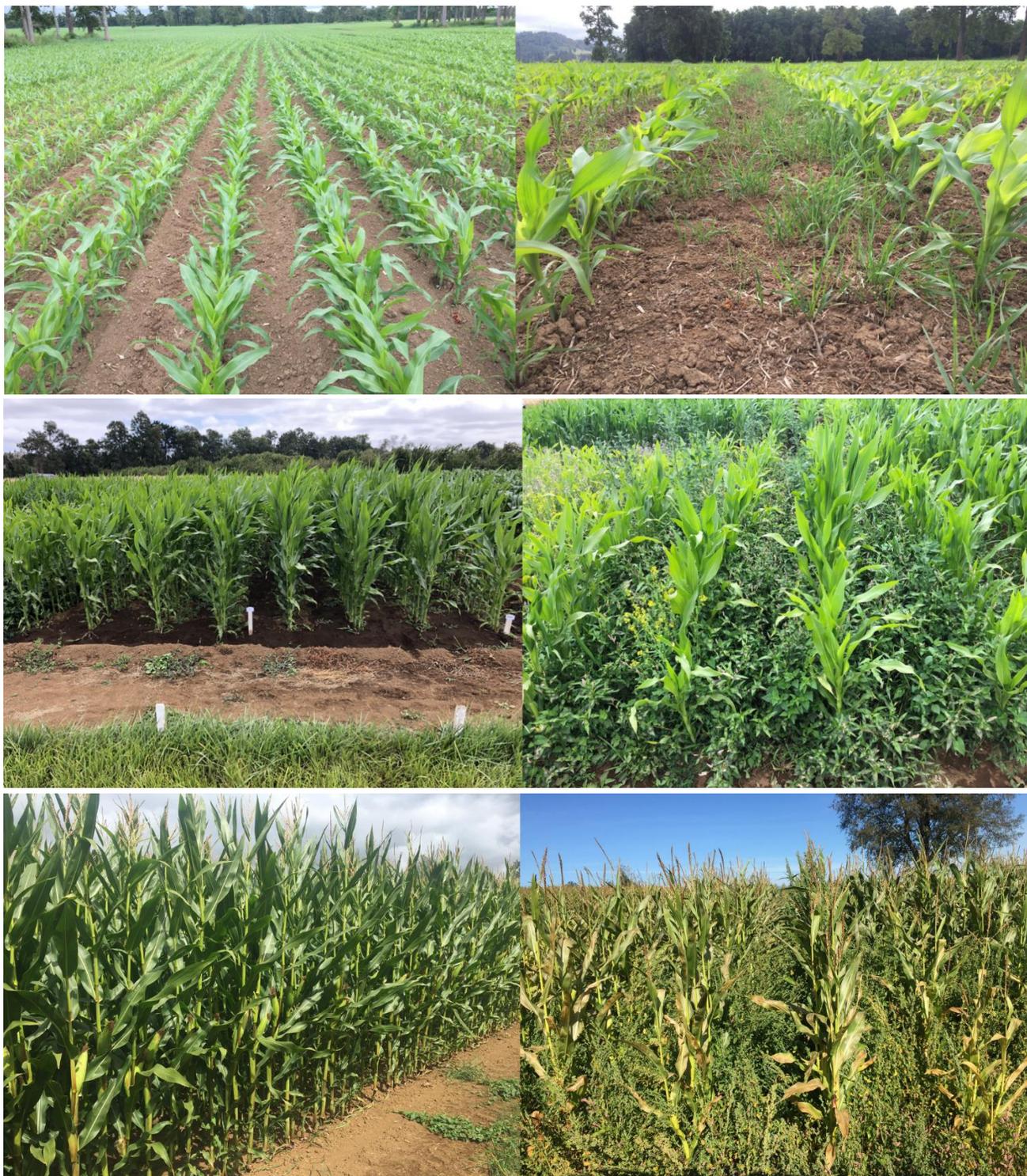
La ocurrencia de heladas afecta con mayor severidad a los maíces con deficiente control de malezas.

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 aspersión 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 otras 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, Sempra 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 a los estados fenológicos. Se distinguen estados de desarrollo vegetativos y reproductivos.

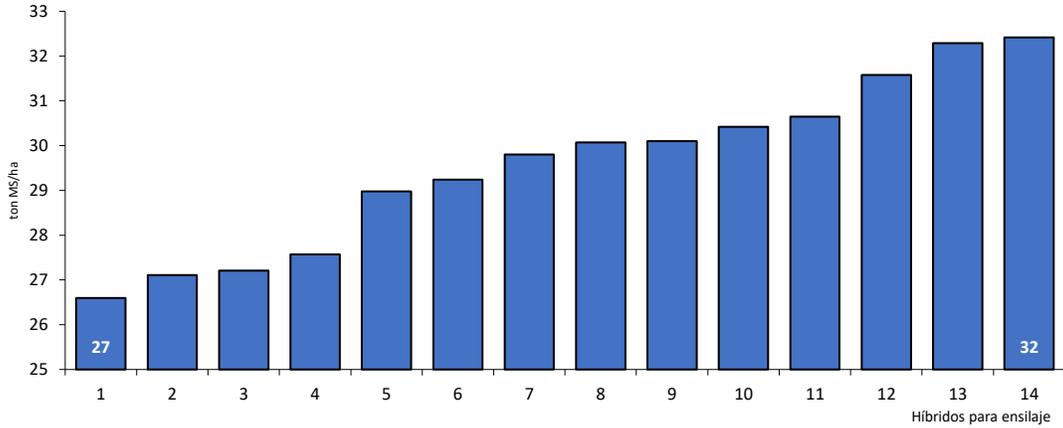
Estados de desarrollo de plantas de maíz.

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

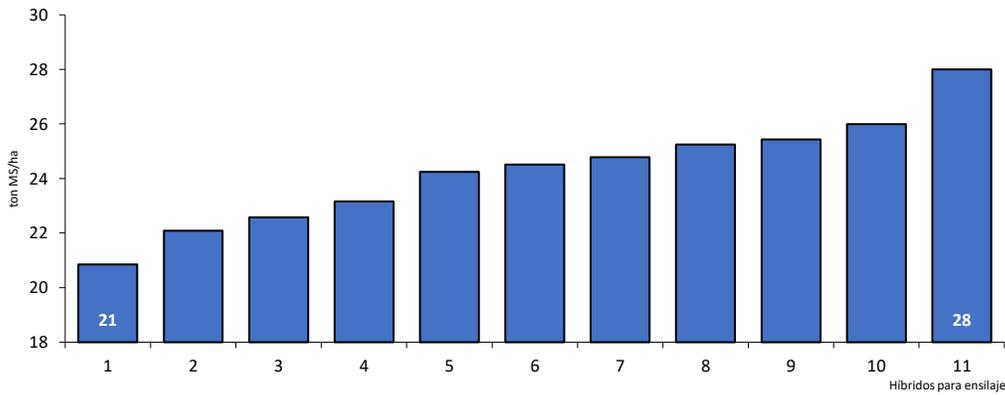
Fuente: adaptado de Faiguenbaum, 2017.

Producción

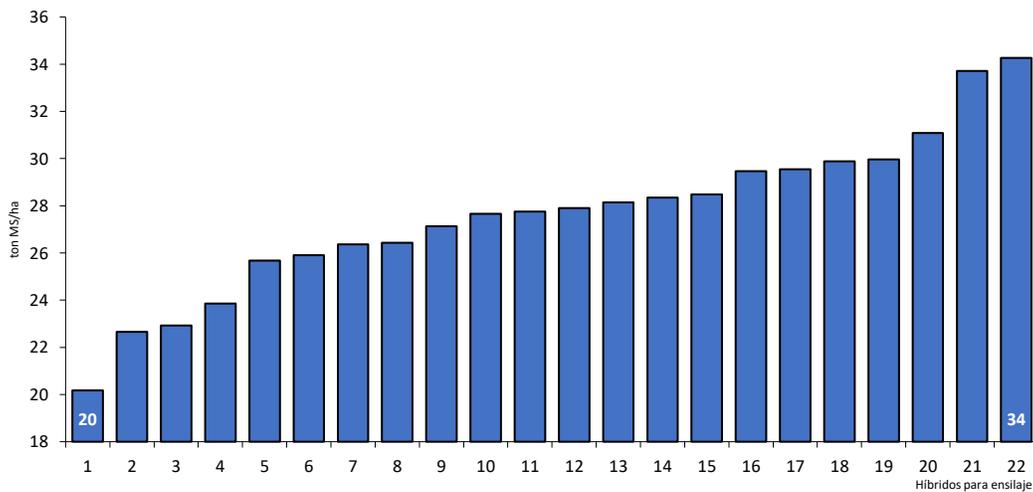
La evaluación del comportamiento productivo de híbridos de maíz para ensilaje ha sido un trabajo permanente que se ha realizado en la Universidad de La Frontera, en las localidades de Los Ángeles, Temuco y Futrono. Los resultados de esta investigación han demostrado que el maíz tiene la capacidad de 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.



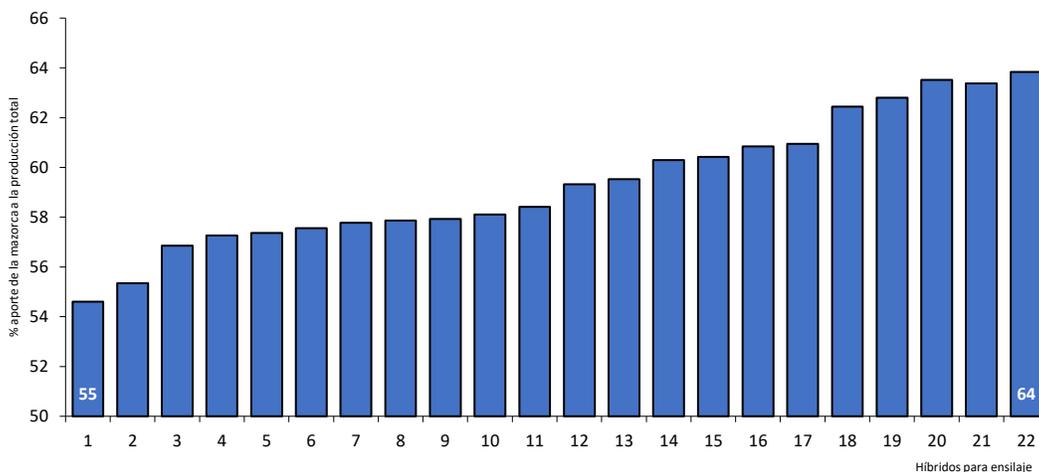
Producción de materia seca de 22 híbridos de maíz para ensilaje. Predio Pozo Brujo. Futrono. Temporada 2019/2020.



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.

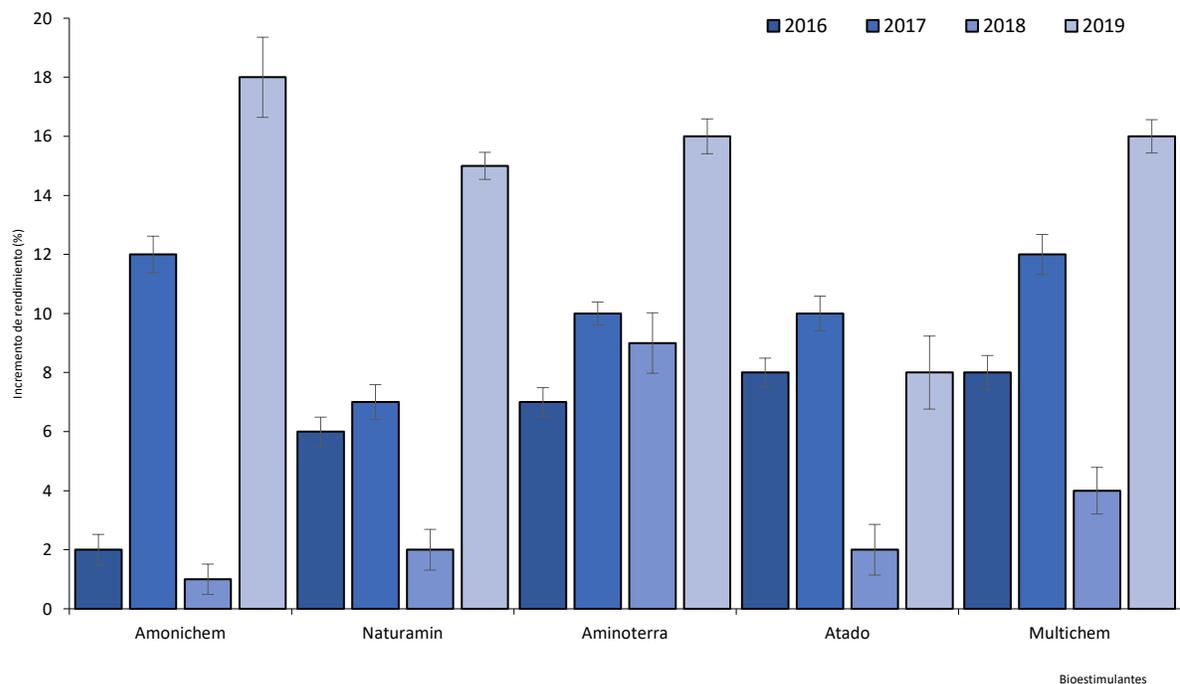


El aporte de la mazorca a la producción total de materia seca del maíz para ensilaje tiene que alcanzar valores superiores a 50%.

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.

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%.



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.

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 inicio 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 lo que 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%.

Madurez del grano		MS Planta entera	Momento de elaborar ensilaje
Lechoso		< 20	x
Semi pastoso		20 - 28	x
Pastoso		29 - 32	√
Maduro		33 - 35	√√
Madurez completa		36 - 45	√

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

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

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 de 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 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 hechas 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.

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.



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

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 que 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 (mono sacárido). 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 hecho el ensilaje y la digestibilidad de la materia seca, FDN y almidón aumenta gradualmente hasta los seis meses.



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

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 a 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 el valor nutritivo del ensilaje. 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)	2,80 - 3,20
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.

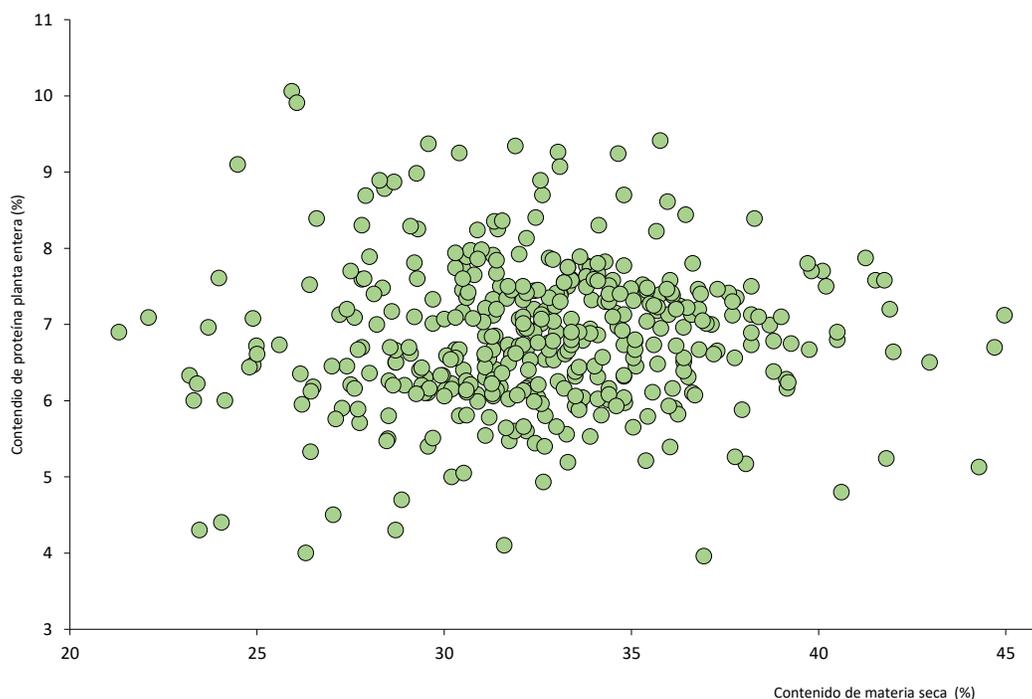
El contenido óptimo de materia seca de un ensilaje de maíz es entre **30 y 35%**, valor que permite una adecuada fermentación y reduce las pérdidas relacionadas con la presencia de bacterias del género *Clostridium*, perjudiciales para la calidad del ensilado. El valor antes mencionado se logra cuando 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 hechas 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

El 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 mas 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 digestibles totales (NDT)

Los valores de energía se obtienen por ecuaciones predictivas o formulas utilizando otros nutrientes que si se pueden medir químicamente (carbohidratos, proteína, grasas). NDT corresponde a la suma de la proteína digestible, carbohidratos no estructurales digestibles, FDN digestible y 2,25 veces el contenido de grasa o EE digestible. En general, los nutrientes digestibles 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

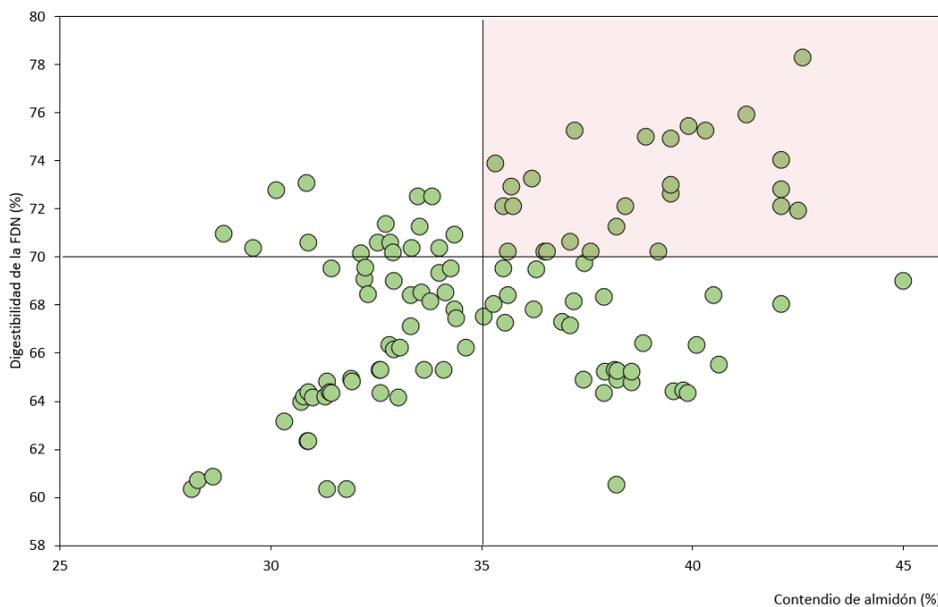
del alimento y está estrechamente relacionado con el consumo. Al aumentar los valores de FDN, el consumo total de alimento disminuye. Por lo general, se asume que los rumiantes van a consumir un máximo de FDN cercano al 1,2% de su peso corporal. En un buen ensilaje este valor fluctúa entre **38 y 42%**.

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

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 (mono sacárido). 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 poseen entre **30 y 35%** de almidón.



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.

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.

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 utilidades 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 choclo

Con el avance de la madurez de las plantas se incrementa el porcentaje de materia seca y el contenido de fibra y 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.

Costos de producción

La estructura de costos de siembra y producción de maíz para ensilaje posee como ítems de mayor incidencia la fertilización, preparación de suelos, cosecha y riego. En condiciones de secano el costo total de producción y almacenamiento en el silo es de \$1.213.783/ha y con riego \$ 1.485.783.

Costos de producción de ensilaje de maíz en condiciones de secano.

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	US\$/ha	UF/ha	%
Labores				410.000	513	14,24	34
Jympa	18.000	1	18.000				
Smaragd	12.000	1	12.000				
Rastra	8.000	2	16.000				
Vibrocultivador	6.000	1	6.000				
Rodón	4.000	1	4.000				
Siembra	38.000	1	38.000				
Fertilización	4.000	4	16.000				
Fumigación	4.000	5	20.000				
Cosecha	280.000	1	280.000				
Fertilizante				587.800	735	20,41	48
Dolomita 15	66	1.000	66.000				
Mezcla maíz	360	900	324.000				
Urea	300	400	120.000				
Sulpomag	320	200	64.000				
Aminochem	3.800	3	11.400				
Análisis de suelos	24.000	0,1	2.400				
Semilla				126.000	158	4,38	10
Maíz	90.000	1,4	126.000				
Agroquímicos				89.983	112	3,12	7
Soberan	95.000	0,25	23.750				
Arrat	56.000	0,15	8.400				
Heat	132.000	0,13	17.160				
Frontier	12.800	1,5	19.200				
Panzer Gold	4.000	4	16.000				
Karate	26.000	0,16	4.160				
Dash	5.250	0,25	1.313				
Total (\$)			1.213.783	1.213.783	1.517	42,15	100

Valor del dólar \$800 y de la UF 28.800

Costos de producción de ensilaje de maíz en condiciones de riego.

Ítem	\$/U	U/ha	\$/ha	\$/ha	US\$/ha	UF/ha	%
Labores				682.000	853	23,68	46
Jympa	18.000	1	18.000				
Smaragd	12.000	1	12.000				
Rastra	8.000	2	16.000				
Vibrocultivador	6.000	1	6.000				
Rodón	4.000	1	4.000				
Siembra	38.000	1	38.000				
Fertilización	4.000	4	16.000				
Fumigación	4.000	5	20.000				
Riego	68.000	4	272.000				
Cosecha	280.000	1	280.000				
Fertilizante				587.800	735	20,41	40
Dolomita 15	66	1.000	66.000				
Mezcla Maíz	360	900	324.000				
Urea	300	400	120.000				
Sulpomag	320	200	64.000				
Aminochem	3.800	3	11.400				
Análisis de suelos	24.000	0,1	2.400				
Semilla				126.000	158	4,38	8
Maíz	90.000	1,4	126.000				
Agroquímicos				89.983	112	3,12	6
Soberan	95.000	0,25	23.750				
Arrat	56.000	0,15	8.400				
Heat	132.000	0,13	17.160				
Frontier	12.800	1,5	19.200				
Panzer Gold	4.000	4	16.000				
Karate	26.000	0,16	4.160				
Dash	5.250	0,25	1.313				
Total (\$)			1.485.783	1.485.783	1.857	51,59	100

Valor del dólar \$ 800 y de la UF 28.800

Con el valor total de producción y almacenaje en el silo, es posible calcular el costo del kilo de materia seca que se proporcionara a los animales en sus raciones. Este valor depende del forraje cosechado y almacenado y de la condición de riego o seco donde esta producción ha sido alcanzada.

Costo del kilo de materia seca producido y almacenado en un silo según rendimiento en condiciones de riego y secano.

ton MS/ha	\$/kg MS		US\$/kg MS	
	Secano	Riego	Secano	Riego
12	101	124	0,126	0,155
14	87	106	0,108	0,133
16	76	93	0,095	0,116
18	67	83	0,084	0,103
20	61	74	0,076	0,093
22	55	68	0,069	0,084
24	51	62	0,063	0,077
26	47	57	0,058	0,071
28	43	53	0,054	0,066

Valor del dólar \$800

- 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.
- Altamirano, S.S., 1978. Cultivo de maíz. Estación experimental La Platina. Instituto de investigaciones agropecuarias. Boletín N° 21. Santiago, Chile. 62p.
- 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.
- 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.
- 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.
- Demagnet, 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.
- 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., 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.
- Eubanks, M.W. 2001. The mysterious origin of maize. *Economic Botany* 55(4): 492-514.
- Faiguenbaum, M.H. 2017. El cultivo del maíz. Impresora La discusión S.A. Chillán, Chile. 171p.
- 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.
- 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.
- Jurjanz, S. & Monteils, V. 2005. Ruminant degradability of corn forages depending on the processing method employed. *Animal Research* 54(1): 3-15.
- 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.
- 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.

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.

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.

Miracle, M.P., 1965. The introduction and spread of maize in africa. *The Journal of African History* 6(1): 39-55.

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.

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.

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.

Parodi, B.O. & Altamirano, S.S. 1995. El cultivo el maíz. Centro regional La Platina. Instituto de investigaciones agropecuarias. Santiago. Chile. 173p.

Robledo, F. & Martin, L. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 573 p.

Stehr, W.W., 1987. Ensilaje de maíz en producción de leche y carne. En: Latriille, 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.

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.

Vanderwerff, L.; Ferraretto, L.; Salvati, G. & Shaver, R. 2014. Update on Corn Shredlage for Dairy Cows. *Focus on forage* 16(4): 1-3.

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.



UNIVERSIDAD
DE LA FRONTERA

MANUAL

Cultivo del maíz para ensilaje

2020

ISBN 978-956-09253-1-2