

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA ARGENTINA

Ingeniería Agronómica

**“Producción y utilización de silaje de sorgo en
recría y terminación de animales bajo
autoconsumo”**

**Trabajo final de graduación para optar por el título de:
Ingeniero Agrónomo**

Autor: Sánchez Cores, Gaspar

Tutor: De León, Marcelo

Resumen

El desafío que presenta Argentina para posicionarse internacionalmente como un potencial abastecedor de carne vacuna de calidad, sin dejar de lado al mercado interno sino favoreciéndolo, es producir animales pesados de por lo menos 450 kg de peso vivo (novillos, novillitos de categoría de exportación) bajo sistemas de recría y terminación.

Solo a través de una correcta recría, el ternero logra desarrollar por completo su estructura ósea y deposición muscular para luego, durante la terminación, alcanzar el peso final esperado. Es así, que, al momento de cubrir los requerimientos de los animales, juegan un rol indispensable el tipo de alimento y su correcta producción y utilización.

La producción y utilización de silajes de planta entera en recría y terminación bajo sistemas de autoconsumo surge como una alternativa rentable, con baja demanda de mano de obra e inversión inicial y que compite perfectamente contra cualquier sistema de alimentación presente en Argentina.

En este contexto, desde hace más de 15 años, el grupo de investigación en forrajes conservados de INTA Manfredi, viene generando información para el mejoramiento en la producción y utilización de silaje de planta entera de maíz y sorgo como aporte al desarrollo de los sistemas ganaderos del país.

En tal sentido, el presente trabajo se engloba en el marco de cartas acuerdo entre el INTA Manfredi y la empresa Advanta Semillas, a través del cual, durante las campañas 2018/19 y 2019/20, se realizó un estudio destinado a validar la utilización en autoconsumo de silaje de sorgo doble propósito y granífero en un sistema de recría y terminación de bovinos para carne. El propósito del trabajo es realizar un análisis conceptual, revisión y recopilación de datos bibliográficos, a través del seguimiento y validación del ensayo en cuestión. Se abordan los procesos involucrados en la transformación del cultivo de sorgo en carne como producto final, con la correspondiente identificación de los principales indicadores presentes en la confección de silajes. Finalmente se simulan posibles escenarios al alterar estos indicadores y así evaluar su impacto sobre el resultado esperado.

Keywords

“forrajes conservados”; “silaje sorgo”; “picado sorgo”; “silo sorgo”; “ensilaje sorgo”; “recría y terminación”; “autoconsumo”; “confección silo”; “compactación silo”
“suministro silo”

Índice

Resumen	3
Keywords.....	3
Materiales y métodos:	6
Objetivos.....	9
Introducción	10
Panorama mundial de la producción de carne vacuna.....	10
Panorama argentino de la carne vacuna	12
Panorama de los forrajes conservados en Argentina	12
Cultivo de sorgo	14
Ubicación taxonómica	14
Características vegetativas	14
Características agroecológicas.....	16
Crecimiento y desarrollo	17
Implantación.....	21
Componentes del rendimiento	24
Híbridos y biotipos.....	25
Nutrición.....	27
Manejo de malezas.....	28
Plagas	31
Enfermedades	32
Silajes de planta entera	32
¿Porque sorgo?.....	33
Impacto de la calidad de la fibra en la producción animal.....	34
Planificación del momento de picado	38
Madurez y humedad	39
Momento óptimo de picado	39
La tasa de desecación	40
Manejo de la altura de corte.....	42
Tamaño y uniformidad de picado	43
Procesamiento del grano	43
Proceso de confección.....	44
Proceso de fermentación y estabilización del silaje.....	46

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Respiración	46
Proceso fermentativo.....	47
Las pérdidas en los silajes.....	50
Suministro en autoconsumo.....	53
¿Qué se necesita saber para un correcto suministro?	55
Resultados	58
Simulación.....	60
Discusión y conclusión.....	64
Anexo.....	66
1. Protocolo de seguimiento y evaluación de autoconsumo de silaje 66	
2. Validación de resultados de la utilización de silajes de sorgo en autoconsumo.....	70
3. Evaluación de sorgos destinados a la confección de silajes de planta entera	71
Bibliografía	73

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Materiales y métodos:

Es un trabajo de validación y análisis, con función informativa, de los resultados obtenidos en la recría y terminación de animales alimentados en base a silaje de planta entera de sorgo a través del método de suministro por autoconsumo.

Se dividió el proceso de transformación del cultivo en carne, en seis grupos para facilitar el análisis de cada indicador contemplado, así como de los resultados obtenidos: cultivo, proceso de confección, alimento, animal, sistema y resultado (Ver anexo 1).

Los 25 indicadores considerados se detallan en la siguiente tabla:

Cultivo	Proceso de confección	Alimento	Animal	Sistema	Resultado
Híbrido utilizado	Estado de la bolsa	Características Sensoriales	Categoría animal alimentada	Pérdidas durante la extracción	Resultado económico esperado
Rendimiento esperado (Kg.MS/ha)	Estiramiento de la bolsa	Calidad	Respuesta animal esperada	Pérdidas durante el suministro	Resultado económico obtenido
	Momento de picado	Temperatura	Respuesta animal obtenida	Comederos (lectura, selectividad)	
	Tamaño de partículas	Cantidad de forraje disponible	Tipo de bosteo	Perdida de grano en heces	
	Procesamiento del grano	Tasa de extracción			
	Compactación	Balance de dieta teórica			
		Dieta suministrada			

Tabla 1: Indicadores considerados en el ensayo de validación.

El ensayo de validación tuvo lugar en la Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Manfredi, Córdoba, donde en diciembre de 2018, se sembraron 10 hectáreas de sorgo doble propósito y 10 hectáreas de sorgo granífero.

En el trabajo realizado en INTA Manfredi, el silaje utilizado en la etapa de recría se confeccionó con el híbrido de sorgo VDH 422 de la empresa Advanta semillas. El criterio en la elección de este híbrido para la recría, se basó en el aporte de fibra de excelente calidad y potencial de rendimiento en grano (aproximadamente el 40% de la materia seca total es aportada por grano) que ofrece este híbrido doble propósito, sumado a su comprobada adaptación en el ambiente evaluado. Presenta un alto contenido de taninos condensados y una alta relación hoja/tallo gracias a su carácter braquítico.

En etapas de terminación el objetivo es incrementar el aporte energético de la dieta. Por tal motivo, la cantidad de grano aportado por el cultivo de sorgo es uno de los principales criterios tomados en cuenta a la hora de seleccionar el híbrido adecuado para la confección de silaje de planta entera que se destinará a animales en etapas de terminación. El biotipo granífero es el que mejor cubre las necesidades energéticas en animales en terminación, gracias a su mayor aporte

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

de grano a la dieta. Puntualmente para este trabajo se utilizó el híbrido ADV 1350 IG de la empresa Advanta Semillas.

Este es un híbrido granífero con alto contenido de taninos condensados y de ciclo intermedio-largo. Presenta un alto potencial de rendimiento en grano, donde aproximadamente 50% de la materia seca total es aportada por grano, logrando de esta manera altas concentraciones energéticas en la dieta.

Con el fin de predecir con anticipación el momento óptimo de picado se efectuó, cercano a grano lechoso, la evaluación de materia seca de plantas seleccionadas al azar.

Al momento del picado cada material fue embolsado por separado en bolsas de diez pies de diámetro. Estabilizado el proceso fermentativo, se realizó un muestro de cada material para determinar su calidad nutricional. Los parámetros de calidad evaluados fueron: Proteína bruta (PB), fibra detergente neutra (FDN), fibra detergente ácida (FDA), digestibilidad y concentración energética (Mcal EM/Kg.MS).

El 1 de agosto de 2019, se comenzó a suministrar el silaje de VDH 422 en autoconsumo para iniciar la recría de 93 terneros Aberdeen Angus de 200 kg de peso vivo (PV) promedio y 8 meses de edad. La dieta ofrecida a los animales consistió en silaje de sorgo (sin restricción) y harina de soja a razón de 1 kg MF/an/día (materia fresca por animal por día) suministrada en comederos ubicados en la misma ensenada donde se encontraba el silaje.

El periodo de utilización para la etapa de recría fue desde agosto de 2019 hasta enero del 2020 inclusive, a lo largo del cual se llevaron a cabo dos muestreos de la densidad medida en kilogramos de materia verde y materia seca por metro cubico de alimento (kg MV/m² y kg MS/m²). En función de esta información se calculó la cantidad almacenada de silaje de sorgo.

Una vez consumida la totalidad del silaje obtenido a partir del sorgo doble propósito VDH 422 almacenada, se comenzó a suministrar el silaje obtenido a partir del híbrido granífero ADV 1350 IG, dándole comienzo a la etapa de terminación. Esta última etapa tuvo una duración de 105 días, finalizando con la venta de los novillos en mayo del año 2020.

Simulación

Se simularon diez alternativas productivas y su correspondiente impacto sobre el resultado final, utilizando el software "Silajes Pro", desarrollado en conjunto por el INTA y la Universidad Nacional de Córdoba. Si bien se presentan diferentes estrategias de utilización de silajes en la producción ganadera, estas cuatro fuentes de variación en conjunto con las diez alternativas productivas se seleccionaron por ser consideradas determinantes del resultado y por constituir parte de los indicadores propuestos en el proceso de transformación del cultivo en carne vacuna.

Para cada fuente de variación, las alternativas productivas fueron comparadas con los valores obtenidos en la etapa de recría del presente trabajo. Las fuentes de variación consideradas para la simulación de las distintas alternativas fueron:

1. El rendimiento del cultivo de sorgo para silaje.

- I. Rendimiento "bajo": 20.000 kg.MV/ha
- II. Rendimiento "regular": 30.000 kg.MV/ha
- III. Rendimiento "bueno": 37.000 kg.MV/ha
- IV. Rendimiento "muy bueno": 51.966 kg.MV/ha
- V. Rendimiento "excelente": 60.000 kg.MV/ha

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

2. Alternativas en el aporte proteico y su impacto sobre el resultado final.

VI. Aporte proteico con grano de soja y suministro con mixer

3. La calidad del silaje y la dieta para alcanzar la ganancia de peso objetivo.

VII. Modificar la digestibilidad del silaje obtenido al 55%.

4. El nivel de pérdidas durante el proceso de producción y utilización del silaje.

VIII. Perdidas en el suministro del 15%.

IX. Perdidas en el suministro del 30%.

X. Perdidas en el suministro del 30% y “bajo” rendimiento obtenido.

Se revisó la bibliografía disponible acerca del tema a desarrollar, con su posterior evaluación y organización bajo una determinada estructura que permita lograr un material de interés público. Por último, se analizó el tema propuesto y se concluyó el trabajo aportando opiniones.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Objetivos

Objetivo general:

Analizar y validar un sistema para la recría y terminación de novillos con dietas basadas en silajes de planta entera de sorgo en autoconsumo, y su efecto sobre los resultados obtenidos.

Objetivos específicos:

1. Seguimiento de un sistema de producción basado en silajes de sorgo para producir novillos a través de un proceso de recría y engorde en autoconsumo.
2. Validar el sistema de autoconsumo como alternativa viable en planteos ganaderos de recría y terminación.
3. Simular cambios en determinados indicadores para evaluar su incidencia sobre los resultados obtenidos.

Introducción

Independientemente del sistema: cría, recría o terminación, el pilar fundamental sobre el cual se determinan los modelos de producción, es la capacidad de producir una oferta nutricional tal, que cubra los requerimientos del animal en cuestión.

Bajo dicho escenario, los rumiantes presentan un rango de posibilidades sumamente amplio, en las alternativas de alimentación. Si bien es posible utilizar subproductos de la industria alimenticia y granos como concentrados es importante considerar también la producción de cultivos por el impacto que generan sobre aspectos claves de los sistemas de producción como son la carga animal, el balance de dietas y la estabilización de la oferta forrajera a lo largo del año.

En este contexto, los forrajes conservados se presentan como una herramienta fundamental en el manejo de los sistemas ganaderos. La alta producción y calidad de forraje que brindan los silajes de planta entera de sorgo, junto con importantes ventajas como la posibilidad de utilizarlos en épocas de déficit forrajero o durante todo el año ya sea como dieta base, como suplemento de otros alimentos o para corregir dietas desbalanceadas, han convertido a los silajes en el método de conservación de forrajes más utilizado actualmente en la Argentina (De Leon, M. 2018).

Panorama mundial de la producción de carne vacuna

La producción mundial de carne vacuna mantenía un constante crecimiento en los últimos 4 años, ubicándose en abril del año 2021 en 61.5 millones de toneladas (Livestock and Poultry: World Markets and Trade Report, USDA). En su último reporte de abril del 2021, el USDA pronostica un aumento del 2% en la producción mundial, ya que la producción en Canadá, India y Estados Unidos se recupera después de las interrupciones en la cadena de procesamiento causadas por el COVID-19. Se espera que la producción de Brasil sea mayor, fortalecida por la demanda interna y externa, particularmente de China.

La demanda de carne por parte de China sigue siendo muy fuerte debido al déficit de proteínas causado por la peste porcina (PPA), la cual sigue impulsando el comercio. A pesar de las dificultades causadas por el Covid-19 y las interrupciones en la economía y los servicios de alimentos, el crecimiento de la demanda durante el año 2020 superó las expectativas (figura 1).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

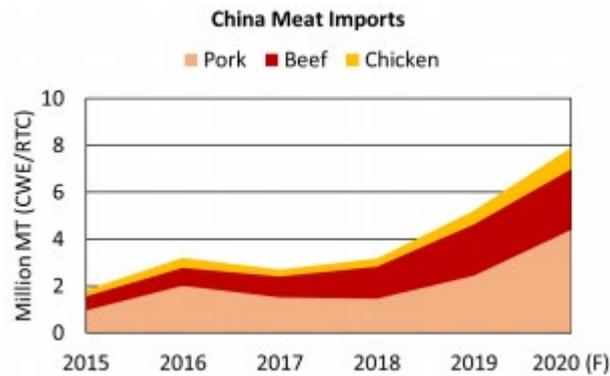


Figura 1 Importaciones de carne por parte de China. Fuente. USDA julio 2020.

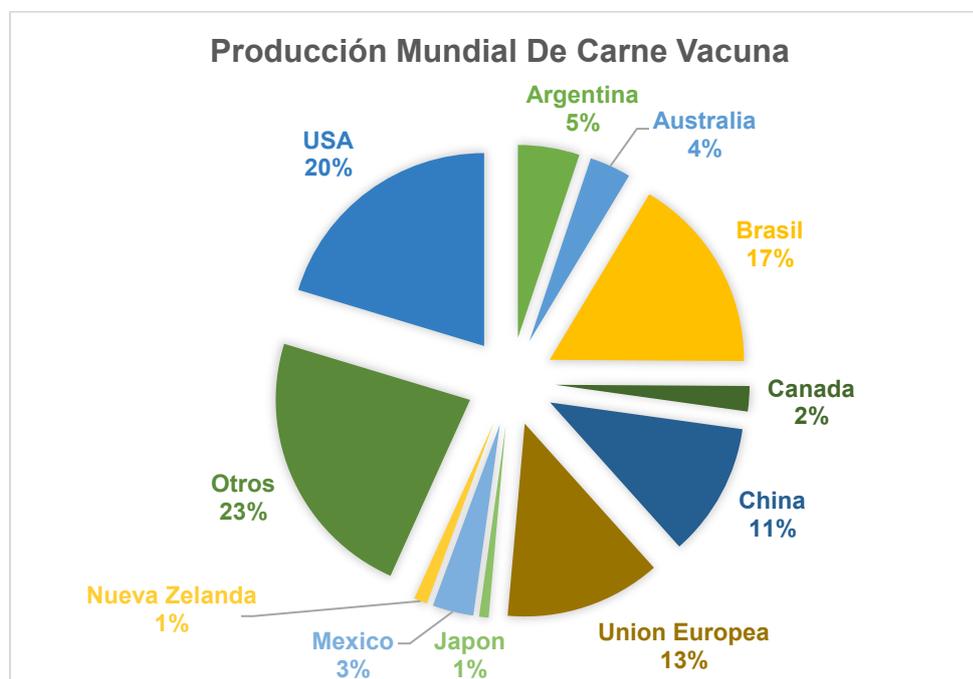


Figura 2. Elaboración propia a partir de datos del USDA. abril 2021.

Al descomponer la producción mundial de carne vacuna entre los principales países productores (figura 2), podemos observar que Estados Unidos (USA) continúa marcando el liderazgo con el 20% de la producción, siguiéndole Brasil, Unión Europea, China y en 5to lugar Argentina con el 5% de la producción.

Se prevé que las exportaciones mundiales en 2021 aumenten un poco más del 2% a 11,1 millones de toneladas, ya que Brasil, India, y las exportaciones estadounidenses compensarán con creces las caídas de Argentina, Australia y Nueva Zelanda. Si bien para la mayoría de los exportadores se pronostican mayores envíos este año, no es el caso de Argentina, Australia y Nueva Zelanda, ya que la menor cantidad de ganado listo para el sacrificio reduce los suministros exportables.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Panorama argentino de la carne vacuna

Producción de carne vacuna

De acuerdo con el último reporte del CICCRA (abril, 2021), al considerar el primer cuatrimestre de 2021, la producción de carne vacuna habría ascendido a 951,0 mil toneladas de res con hueso (tn r/c/h), registrando una caída de 4,0% anual. De este total, el mercado interno habría absorbido un total de 673,2 mil tn r/c/h, al tiempo que se habría exportado un volumen total de 277,6 mil tn r/c/h. Esto implicaría que el consumo interno habría caído 9,7% en la comparación interanual (-72,1 mil tn r/c/h).

Consumo interno

En función de todo lo expuesto más arriba, el promedio móvil de los últimos doce meses del consumo (aparente) de carne vacuna por habitante habría quedado en 48,2 kg/año en el cuarto mes de 2021. En relación con un año atrás la disminución habría sido de 5,3% (-2,67 kg/hab/año) (Informe económico mensual CICCRA abril, 2021).

Panorama de los forrajes conservados en Argentina

Según datos del INTA, en la campaña 93/94, se ensilaron unas 80 mil hectáreas de maíz y sorgo, de las cuales el 90% era picado grueso con baja calidad. 25 años después, esta superficie se incrementó exponencialmente para alcanzar, en la actualidad, casi las 2 millones de hectáreas.

Gran parte del crecimiento del silaje se justifica por el incremento en la participación de las dietas que fue de un 15 a un 50 % y su tiempo de uso pasó de ser estacional a constante. Esto, a su vez, permitió aumentar la carga animal y la producción de litros de leche o kilos de carne por hectárea. Otro hecho que acompañó esta revolución forrajera fue la adopción del silo bolsa y de silo bunker bien tapados y compactados, que dejaron atrás los viejos silos puentes. Gracias al avance tecnológico que se produjo en el último período en cuanto a embolsadoras, el 76% del material picado se almacena en silo bolsa y el 24% restante en silo bunker (Bragachini, M. 2018).

Para la Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros (CACF), la superficie total ensilada durante la campaña 2019/20 fue de 1.978.347 hectáreas, de las cuales el 64,3% corresponden a silo de maíz, 13,5% silo de sorgo y un 22,2% silo de verdeos/pasturas. Además, estiman que, de la totalidad de la superficie destinada a silo, un 69% se destina a silos bolsa y 31% silos aéreos (tabla 1).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Campaña:	15/16	16/17	17/18	18/19	19/20
Superficie total ARG (hectáreas):	1.628.536	1.744.594	2.167.981	2.117.475	1.978.347
Destino leche (%):	38,6%	43,8%	45,4%	51,4%	48,8%
Destino carne (%):	61,4%	56,2%	54,6%	48,6%	51,2%
Silos aéreos (%):	22,1%	23,9%	27,7%	18,2%	31,2%
Silos bolsa (%):	77,9%	76,1%	72,3%	81,8%	68,8%
Silo de maíz (%):	62,0%	61,9%	69,3%	58,5%	64,3%
Silo de sorgo(%):	18,4%	17,8%	12,2%	17,2%	13,5%
Silo de Verdeos/Pasturas (%):	19,6%	20,2%	18,5%	24,3%	22,2%
Inoculación (Maíz/Sorgo)	34,2%	34,2%	45,7%	40,6%	43,9%
Inoculación (Verdeos/Pasturas)	86,4%	89,8%	93,9%	91,1%	93,9%

Tabla 2 Datos desarrollados por Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros, generados a través de estudios propios del mercado en campaña 2019/20.

Cultivo de sorgo

Ubicación taxonómica

Clasificación taxonómica del sorgo, según Valladares C. A. (2010):

Orden: Poales
Familia: Poaceae
Subfamilia: Panicoideae
Género: Sorghum
Especie: *bicolor*

Características vegetativas

La semilla de sorgo es la más pequeña de los cultivos de cosecha gruesa, por lo tanto, su crecimiento inicial será más lento que el del maíz o la soja. De hecho, el crecimiento no es muy rápido hasta los 15 cm de altura, cuando la planta ya tiene establecido el sistema de raíces y comienza a absorber los nutrientes más rápidamente (Míguez, 2017). En la Figura 3 se observa en detalle el esquema de una planta de sorgo, con sus partes.

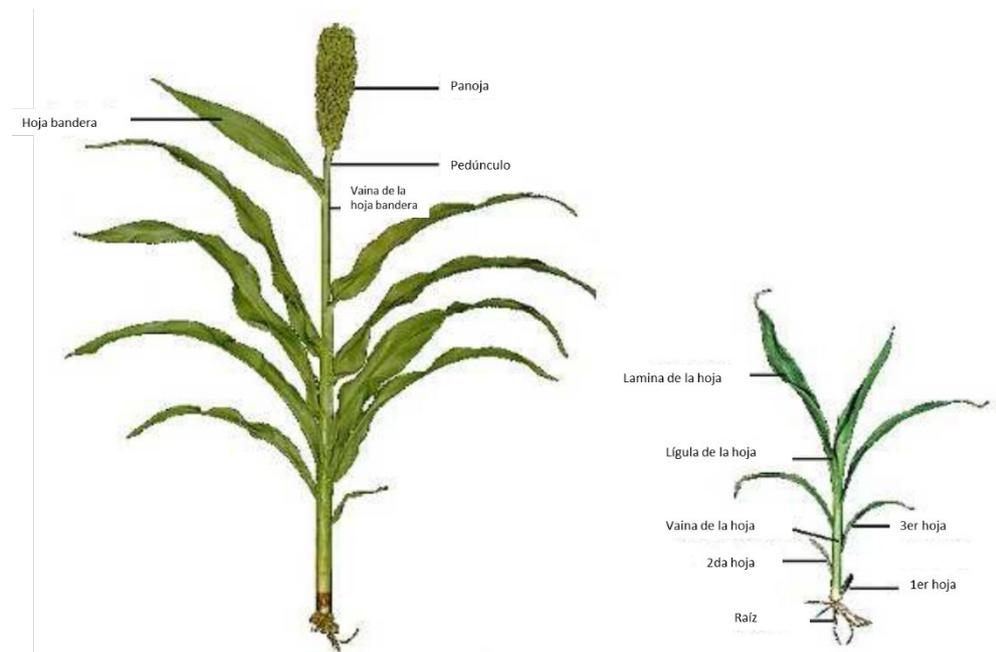


Figura 3 Descripción botánica de la planta de sorgo (Vanderlip, 1993).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Macollos

El número de macollos producidos dependen de la variedad (Doggett, citado por Lovett y Lazemby, 1979), de la población (Anderson, citado por Myers y Foale, 1981), la temperatura (Downes, citado por Lovett y Lazemby, 1979), humedad, fertilidad del suelo, fotoperiodo y vigor de la plántula (Siri, 2004).

Altura

La altura de la planta puede presentar gran variación habiendo variedades con 45 cm hasta algunas de 4 metros o más. La altura es función directa del número de nudos, los que, a su vez, llevan al número final de hojas. El número de nudos producidos es por su parte, función del tiempo de crecimiento.

Tallos

En cada nudo del tallo existen yemas capaces de desarrollarse o de no hacerlo nunca. Las ubicadas próximas al suelo muchas veces desarrollan raíces que ayudan al anclaje de la planta y las yemas basales desarrollan macollos (Siri, 2004).

Hojas

El número de hojas varía con el cultivar, de igual forma su largo y ancho son variables. Estas presentan estomas en ambos lados de la lámina foliar y su respuesta al estrés ambiental es conocida por ser rápida (Lovett y Lazemby, 1979).

El posicionamiento de las hojas sobre el tallo puede ser variable pero normalmente se ubican en forma opuesta, situándose la hoja bandera en una orientación independiente y definida por la proyección del sol sobre la tierra respecto al sentido de las hileras (Lugg et al., citados por Siri, 2004). Este tipo de distribución de hojas en un plano da a la planta una proyección rectangular si la observamos desde arriba, lo que le permite al cultivo adaptarse a altas densidades de siembra y a escasas distancia entre hileras. De esta manera, la luz recibida es aprovechada por un mayor número de hojas debido a la baja superposición de estas.

Raíces

Posee un sistema radicular muy ramificado el cual puede propagarse hasta 2 metros en profundidad (Lovett y Lazemby, 1979). El 90% de la actividad radicular se desarrolla en un radio de 40 cm de la hilera y a una profundidad de 90 cm no habiendo absorción de agua ni nutrientes fuera de estos límites (Nakayama y Van Bavel, citados por Siri, 2004). De esta forma, la exploración de suelo es intensa, siendo una de las especies de mayor superficie radicular por volumen de suelo. Esto le permite ser más resistente a un estrés hídrico y a su vez tener una alta eficiencia en la utilización de nutrientes.

Semilla

Es posible identificar tres principales componentes en la semilla de sorgo. Por un lado, la capa externa, que constituye el pericarpio participando con alrededor del 8% del total. Por otro lado, el embrión, provisto de proteínas estructurales, lípidos

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

y minerales, con el 10%, y, por último, el endosperma con el 80% de la semilla de sorgo madura (Fig. 4). La proteína en la capa periférica del endosperma es reemplazada gradualmente por el almidón. En el caso del sorgo la mayor cantidad de proteína se encuentra en el endosperma, donde una cantidad muy limitada de los aminoácidos, se producen. El embrión y el pericarpio tienen un contenido 3 a 4 veces mayor de lisina que el endosperma (Carrasco, et.al. 2011).

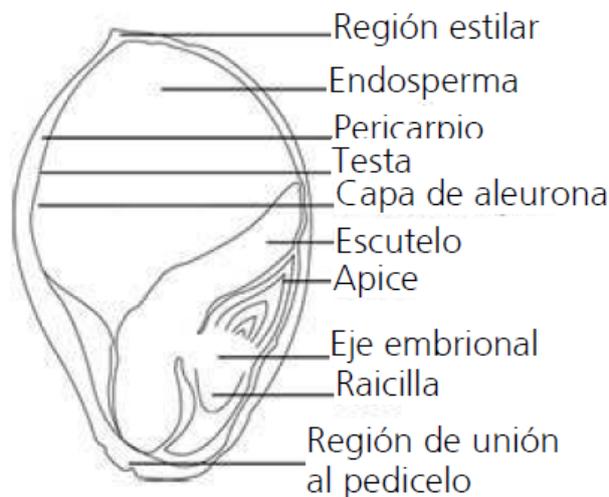


Figura 4 Esquema de una sección longitudinal de la semilla de sorgo. (Carrasco et. al. 2011).

Características agroecológicas

Respuesta térmica

El sorgo tiene un óptimo de temperaturas diurnas para el crecimiento entre 24 y 36°C y un óptimo de temperaturas nocturnas entre 14 y 19°C (Siri, 2004). Una mayor amplitud térmica durante el llenado de grano permite alargar este periodo y tener mayor rendimiento.

Respuesta Hídrica

La germinación de la semilla de sorgo es pobre bajo altas tensiones de humedad, pero difiere entre cultivares y los diferentes recursos de la semilla en su habilidad para germinar (Evans et al., citados por Lovett y Lazemby, 1979). Al incrementar la tensión osmótica el tiempo para alcanzar la germinación se prolonga.

El sorgo es más tolerante al estrés hídrico y es más productivo bajo estas condiciones que otras especies. Este es capaz de mantener el gradiente que posibilita la continuidad de la absorción de agua, incluso ante escenarios de sequía y/o salinidad, debido a que se prolonga la marchitez en mayor medida que otros cultivos como el maíz (Glover, citado por Lovett y Lazemby, 1979).

El rendimiento final y la relación entre el rendimiento en grano y agua utilizada puede ser influenciada por la distribución de la lluvia bajo condiciones de secano. El rendimiento en grano final no depende necesariamente del total de agua utilizada ya que la distribución de las lluvias en relación con las etapas de crecimiento es muy importante en condiciones de secano (Olson, citado por Lovett y Lazemby, 1979). Además, este autor demostró que a bajas densidades de

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

plantas (175.000 plantas/hectárea, 102 cm entre hileras) el sorgo granífero utilizó ligeramente menos agua que maíz o sorgo forrajero; a altas densidades en condiciones favorables el sorgo granífero puede incrementar su rendimiento mientras maíz no (Lovett y Lazemby, 1979)

En términos de potencial de adaptación a las condiciones de secano, el sorgo tiene considerables ventajas debida a su habilidad para utilizar escaso suministro de agua que está dado por su lento crecimiento inicial, esto hace que, hasta floración, casi la mitad del crecimiento, el consumo de agua no pase de los 150-200 mm. Teniendo en cuenta el consumo de agua del cultivo en las distintas etapas de desarrollo, alrededor de la floración el consumo diario de agua se hace máximo. Según Siri, el embuche constituye el periodo de máximo consumo (Siri, 2004). A partir de los 450 mm el rendimiento se hace independiente de la evapotranspiración total, por lo que la eficiencia de uso del agua pasa a ser otro criterio determinante.

Su comportamiento estomático, eficiencia fotosintética y sistema radicular vigoroso combinados permiten a la planta de sorgo aprovechar la humedad disponible. Su amplia adaptación se debe a ventajas que este cultivo posee sobre otros, como su tolerancia a sequía, a la salinidad y su adaptación a un amplio rango de temperaturas (Siri, 2004).

Crecimiento y desarrollo

El tiempo en días cronológicos para alcanzar los distintos estados, como así también el número de hojas desarrolladas al final del cultivo, pueden variar entre híbridos, época de siembra y lugar (Míguez, et al. 2017).

Los primeros estadios de desarrollo son definidos por el número de hojas totalmente desarrolladas, cuando la lígula está visible sin desgarrar la planta.

Otra escala propuesta por Míguez para describir los estadios de desarrollo ha sido numerándolos de 0 a 9. Corresponde el estadio "0" a la emergencia y el "9" a la madurez fisiológica. En el siguiente cuadro, se presentan las características para identificar cada estadio.

Estado de crecimiento	Días desde emergencia	Característica Identificativa
0	0	Emergencia / Coleóptilo visible
1	10	3° hoja expandida (lígula visible)
2	20	5° hoja expandida
3	30°	7°-8° hoja expandida. Diferenciación panoja
4	40	Aparición hoja bandera (ápice de la hoja)
5	50	Planta preñada (embuchado)
6	60	Floración
7	70	Grano lechoso
8	85	Grano pastoso
9	95	Madurez fisiológica

Tabla 3 Etapas del crecimiento y desarrollo del sorgo (Miguez et. al. 2017).

El tiempo requerido para completar cada estado depende del cultivar y del medio donde está creciendo. Los tiempos aquí descriptos tienen propósito comparativo. Pueden cambiar para un mismo híbrido en una misma localidad, si cambia la fecha de siembra. Otros factores tales como fertilidad del suelo, insectos o daño por enfermedades, estrés hídrico, alta densidad o competencia de malezas, pueden

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

ocasionar cambios tanto en el tiempo de cada estado de desarrollo como la condición de la planta en cada estado. En la Figura 5 se muestran las diferentes etapas de crecimiento y desarrollo del cultivo de sorgo, que son explicadas posteriormente (Míguez, 2017).

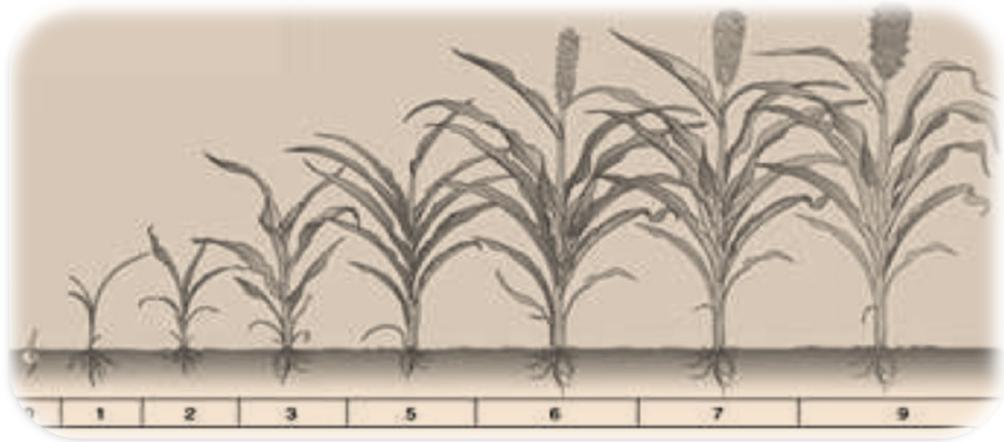


Figura 5 Etapas del crecimiento y desarrollo del sorgo (Míguez et. al. 2017).

Siembra – emergencia

Esta etapa dura de 4 a 10 días según la temperatura y humedad del suelo. La siembra debe comenzar cuando la temperatura del suelo a 5 cm de profundidad como promedio de la medición a las 8 y 15 hs supere los 18°C, esta debería darse por 3 días consecutivos y en ascenso. Temperatura de suelo superior a 21°C asegura una rápida emergencia. Existen híbridos modernos capaces de germinar a temperaturas de suelo menores, lo que permite adelantar la siembra. Esta etapa termina cuando el coleóptilo aparece en superficie y emerge la plúmula quedando definido el número de plantas/m². En esta etapa es posible tratar las semillas con fungicidas, insecticidas, y considerar futuras opciones de control de malezas (Míguez, 2017).

Estado de 3 hojas (V3)

El meristema de crecimiento está aún debajo de la superficie del suelo. El ritmo de crecimiento de la planta depende fundamentalmente de la temperatura (óptima 27°C). Este estado ocurre usualmente cerca de los 10 días post emergencia. Los requerimientos hídricos del cultivo son muy bajos. El consumo se encuentra entre 2 y 3 mm/día en condiciones óptimas. Como el meristema de crecimiento se encuentra bajo la superficie del suelo, un daño a la parte aérea (granizo, corte, helada, pisoteo, etc.) no afecta significativamente el rendimiento, aunque alarga el ciclo (Míguez, 2017).

Etapas de las 5 hojas totalmente expandidas

A partir de 5 hojas la planta empieza a tener un crecimiento más vigoroso, en este momento se determina el potencial de desarrollo de la planta, por lo tanto, es importante tener en cuenta condiciones de estrés, como deficiencias de agua y nutrientes, que al no ser controlados pueden reducir seriamente el rendimiento.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Aproximadamente veinte días después de la emergencia. El sistema radical se desarrolla rápidamente y las raíces que se originan en los nudos inferiores, al ser intravaginales pueden producir la caída de las hojas correspondientes a esos nudos. Normalmente no es difícil reconocer este estado pues la primera hoja tiene la punta redondeada y la segunda termina en punta.

La parte aérea de la planta comienza la etapa exponencial de crecimiento, llegando la tasa de acumulación de materia seca a su máximo y continúa así casi hasta la madurez si las condiciones de crecimiento son satisfactorias. Durante este estadio se determina el potencial de rendimiento de la planta (Míguez, 2017).

7-8 hojas (según biotipo), totalmente expandidas. Diferenciación del punto de crecimiento.

Cerca de los 30 días post emergencia, el ápice de crecimiento cambia de vegetativo a reproductivo. El número potencial de hojas queda determinado y pronto lo será también el tamaño potencial de la inflorescencia. Casi un tercio del área foliar está totalmente desarrollada, y las hojas inferiores (1 a 3) pueden haber caído. Comienza la rápida elongación de los entrenudos, el tallo se alarga y lleva a la superficie al ápice reproductivo. Es muy alta la absorción de nutrientes y el consumo de agua es de 4 mm/día en condiciones óptimas. Ha transcurrido un tercio del ciclo desde emergencia hasta madurez fisiológica (Míguez, 2017).

Aparición de la hoja bandera

A los 40 días de la emergencia continúa el crecimiento y desarrollo de la panoja, la rápida elongación del tallo y expansión foliar. Cuando aparece la hoja bandera, salvo las 3 a 4 hojas superiores, todas las hojas están totalmente expandidas. Por tanto, el 80% del área foliar máximo está desarrollado y debería superarse el IAF crítico interceptando el 95% de la radiación incidente. Es muy probable que las hojas inferiores ya hayan caído, por lo que la referencia al número de hojas se hace tomando a la hoja bandera como número 1 y contando desde ahí hacia abajo. La forma práctica de determinar el número final de hojas del híbrido es cortando la planta descalzada y contando el número de nudos basales y luego las hojas verdes. La absorción de nutrientes sigue siendo muy alta y el consumo de agua es de 6,5 mm/día en condiciones no limitantes (Míguez, 2017).

Planta embuchada

A los 50 días de la emergencia, todas las hojas están expandidas. El área foliar es máxima y también lo es la intercepción de la luz. La panoja está casi totalmente desarrollada y se encuentra encerrada dentro de la vaina de la hoja bandera. Salvo el pedúnculo, el desarrollo del tallo ha concluido, cesa el crecimiento radical. En realidad, para nuestras condiciones disminuye la tasa de elongación de las raíces por la competencia que ejerce la panoja por los foto asimilados, pero a diferencia de maíz las raíces no cesan totalmente su crecimiento ni mueren a la misma tasa, lo que favorece su mayor tolerancia a la sequía y que la planta llegue verde hasta la cosecha y aún después.

Al final del período queda definido el número potencial de granos y comienza la elongación del pedúnculo. Su elongación determina el despeje de la panoja (distancia entre la base de la panoja y la inserción de la hoja bandera).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Continúa elevada la absorción de nutrientes, el consumo de agua es de 8 mm/día en condiciones óptimas, manteniéndose en este nivel hasta grano lechoso inclusive (Míguez, 2017).

Floración

Bajo condiciones templadas el sorgo tiende a alcanzar la floración (50 % de antesis), alrededor de los dos tercios de su periodo de crecimiento, aproximadamente 60 días en un periodo de crecimiento de 90-95 días (Pauli et al., Vanderlip et al., citados por Lovett y Lazemby, 1979).

En este estadio se ha acumulado aproximadamente 50 % de la materia seca, en tanto se ha absorbido la mayor parte de los nutrientes requeridos. A partir de este momento comienza la formación de los granos, por lo que la planta no puede compensar vegetativamente ante un estrés hídrico. En cambio, si las condiciones ambientales son favorables la planta por medio de un mayor número de granos o un mayor peso de granos puede compensar un número deficiente de plantas. En forma individual una panoja demora de 4 a 10 días en completar la floración y lo hace desde cerca del ápice hacia abajo. En un cultivo homogéneo la floración dura aproximadamente 15 días. En plena floración se ha acumulado aproximadamente el 50% de la materia seca del cultivo, sin embargo, se ha absorbido cerca del 70; 60 y 80% del total de nitrógeno(N), fósforo (P), y potasio(K) respectivamente. Al final de este período queda definido el número de granos por panoja (Míguez, 2017).

Llenado de grano

El llenado de grano es función directa de la tasa de acumulación de materia seca en el grano y de la duración del periodo de llenado. Dado que no hay variaciones en la tasa de llenado es importante la correcta elección del largo del ciclo del cultivo. También es importante que en la etapa previa a madurez fisiológica no haya deficiencias hídricas, ya que provoca la producción de granos livianos o chuzos (Miguez et. al. 2017).

Grano lechoso

Entre plena floración y grano lechoso, el grano se llena rápidamente. En este período se acumula la mitad de su peso seco. Al principio del llenado de granos el peso del tallo puede aumentar levemente ya que la cantidad de foto asimilados que se producen supera la demanda en ese momento. Posteriormente el tallo transloca parte de sus reservas a los granos ya que la demanda supera la síntesis de asimilados. El tallo puede contribuir con el 10% del peso final de los granos en condiciones normales y puede incrementarse antes situaciones de estrés hídrico, o pérdida de hojas por granizo. Las hojas basales ya han caído quedando entre 8 y 12 hojas funcionales (Míguez, 2017).

Grano pastoso

Se ha acumulado el 75% del peso seco del grano. Se reducen el peso del tallo y pedúnculo, finalizando la absorción de nutrientes. El consumo de agua es de 4 mm/día en condiciones no limitantes. Estrés hídrico y/o heladas antes de la madurez, pueden determinar granos chuzos y livianos. Disminuye la sensibilidad

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

a herbicidas, pudiéndose emplear aquellos de precosecha (desecantes) (Davéréde, 2017).

Madurez fisiológica

En esta etapa se alcanza el máximo peso seco de la planta. La humedad del grano depende del híbrido, con valores que oscilan entre 25% y 35%. Esta madurez fisiológica no es la madurez de la cosecha, ya que el grano aún debe perder humedad antes de poder ser cosechado para un almacenamiento convencional. Después de la madurez fisiológica, las hojas pueden permanecer verdes o marchitarse rápidamente y morir. Con temperatura y humedad favorable la planta puede recomenzar el macollaje. En el grano se forma una capa negra en la zona de su inserción que es la opuesta al embrión (Davéréde, 2017).

Implantación

El cultivo de sorgo presenta una serie de ventajas comparativas y competitivas frente al resto de los cultivos estivales tradicionales producidos en Argentina ya que se adapta a diversos ambientes, produce forraje voluminoso de calidad y grano en cantidad y calidad diversa. Una problemática recurrente que conlleva a la falta de adopción del cultivo por los agricultores es la variabilidad en el logro de un buen stand de plantas. Para evitar este inconveniente es necesario tener en cuenta una serie de factores (Carrasco et.al. 2011)

Antecesoros

Según Carrasco et al, los mejores antecesoros son soja y girasol, seguido de trigo. En la Tabla 3 se muestran los efectos de algunos antecesoros sobre diferentes aspectos de la implantación del cultivo.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Cultivo Antecesor	Soja	Pasturas	Trigo	Verdeo Invierno	Girasol	Maíz
Logro en stand de plantas	+++	-	+++	+	+++	++
Control de Malezas	+++	-	++	++	++	++
Control de Insectos	+++	-	+++	++	+++	+++
Reserva de Agua en suelo	+++	++	+++	-	+++	+++
Nutrientes de Suelo	++	+++	++	++	+++	-
Tiempo de Ocupación	++	+++	-	+++	+	++

Referencias: +++: muy bueno, ++: bueno, +: regular y -: malo

Tabla 4 Cultivos antecesores de sorgo, Carrasco et al 2011

Fecha de siembra

Fechas de siembra temprana permiten lograr el máximo potencial de rendimiento en años donde no hay limitantes hídricas. Esta estará determinada por la temperatura del suelo, crítica para lograr una buena implantación, así como del ciclo del híbrido a utilizar, priorizando en siembras tempranas aquellos ciclos intermedios a largos. La fecha de siembra tardía permite maximizar los rendimientos en años con limitantes hídricas. Estas fechas corresponden a noviembre/enero dependiendo de la latitud, debiendo elegir priorizarse híbridos de ciclo corto (Gambin et. al. 2016)

Densidad

Según Lovett et al. (1979), la población y el espaciamiento entre hileras óptimos bajo cualquier ambiente va a depender de la humedad del suelo, fertilidad, y de la habilidad de las plantas a tener macollos fértiles. Cuando la humedad del suelo a la siembra es buena y su fertilidad es alta, o puede ser aumentada artificialmente, la población de plantas utilizada puede ser más alta (Lovett et al., 1979).

La densidad tiene influencia durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo ya que determina la cantidad de área foliar disponible para el máximo de intercepción de radiación (Fischer et. al. 1975).

Altas poblaciones pueden ser muy determinantes en años secos debido a la excesiva absorción de agua del suelo temprano en la estación de crecimiento. Como la producción del cultivo depende fuertemente del agua almacenada en el suelo, el momento de evapotranspiración (ET) afecta la producción de materia seca. La evapotranspiración durante las primeras etapas de crecimiento del cultivo tiene un componente muy fuerte de ET desde la superficie del suelo. A su vez la ET durante el periodo vegetativo estuvo negativamente correlacionado con el índice de cosecha, tanto para años secos como favorables para la producción (Steiner, 1987).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Estudios realizados por el INTA durante la campaña 2007/08 concluyen que la densidad de siembra depende de la calidad de la semilla, tamaño y peso de esta, sistema de siembra, ciclo del híbrido elegido, disponibilidad de riego y tipo de suelo. Siendo aconsejable en general sembrar de 85.000 hasta más de 200.000 plantas útiles a cosecha por hectárea, correspondiendo las menores densidades a los ciclos largos y zonas de baja disponibilidad hídrica y sistemas convencionales de siembra a 0,70 m. Las mayores densidades se pueden utilizar en caso de ciclos cortos a intermedios en siembras directas e incluso con menor espaciado entre hileras para lograr una rápida cobertura y menor competencia de malezas (Colazo, et. al. 2012). Por otro lado, Zamora et al. (2010) en Chillar, centro de la provincia de Buenos Aires, en un experimento en sorgo de primera con laboreo convencional, evaluaron tres densidades de siembra: baja, media y alta (con poblaciones logradas de 17, 19 y 29 plantas/m², respectivamente). Estas diferentes poblaciones evaluadas permitieron modificar el número de panojas/m² y el diámetro del tallo, pero no así el rendimiento, por lo que se deduce que el sorgo realiza una buena compensación ante la falta de plantas.

En lotes de producción, donde el logro de plantas por m² muchas veces se ve afectado en la siembra por condiciones de bajas temperaturas y/o falta de humedad, este autor afirma que el cultivo de sorgo compensaría el rendimiento de grano bajo condiciones ambientales buenas, con un rango de plantas logradas entre 150 a 200 mil por hectárea.

Profundidad de siembra

La semilla de sorgo es pequeña y varía su peso desde los 24 a 35 g/1000 semillas. Esto hace suponer que la profundidad de siembra no debería sobrepasar los 2 cm, pero la semilla de sorgo tiene buena capacidad para elongar su primer pseudotallo (hipocótilo), pudiendo emerger desde los 4-5 cm de profundidad sin dificultad. Además, por otro lado, una siembra muy superficial (menos de 2 cm) sumado a las altas temperaturas dominantes en la época de siembra generan un alto riesgo de desecación del surco, con la consiguiente dependencia de la ocurrencia de lluvias para germinar, poniendo en riesgo el éxito de esta etapa, principalmente en áreas subhúmedas o semiáridas. Por lo antes expuesto, la recomendación de profundidad de siembra es de 5 cm para lograr, además de una buena emergencia, que la semilla de sorgo escape al ataque de enfermedades y plagas como gusanos, gorgojos y mosca de la semilla tan frecuentes en esta etapa de cultivo (Carrasco et al., 2011).

Distanciamiento entre hileras

El largo del entre surco determinará en qué medida el cultivo aprovechará los recursos del suelo, agua, nutrientes y radiación solar, incidiendo de esta manera sobre el rendimiento alcanzado. Ensayos realizados por el INTA Bordenave arrojaron que el rendimiento en grano aumentó 13, 8 y 27 % a favor del distanciamiento a 42 cm con respecto a 35, 52 y 70 cm entre líneas (fig. 7) (Carrasco et al, 2011).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

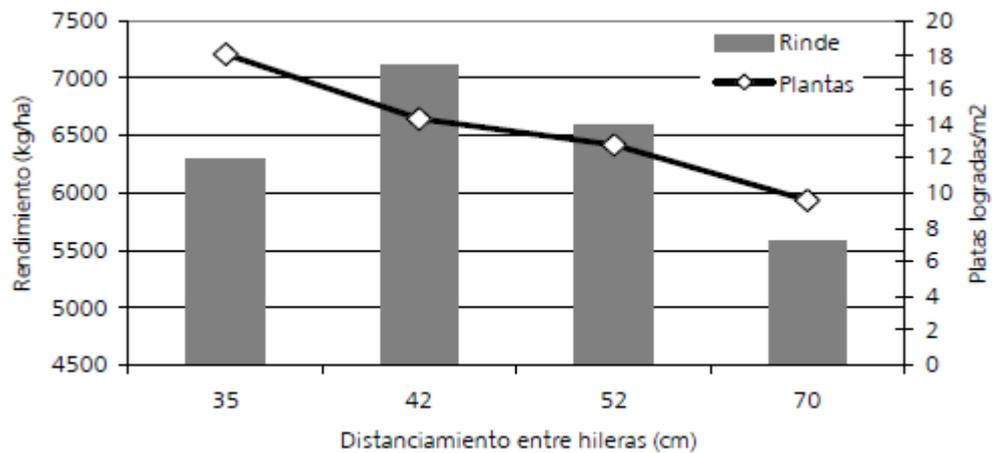


Figura 6 Plantas logradas y rendimiento de grano según distancia entre hileras. Carrasco et. al. 2011.

Componentes del rendimiento

El rendimiento en grano está definido por el número de grano/m² y por el peso de grano. El primero refleja las condiciones de crecimiento anteriores a la floración mientras que el segundo será el resultado de las condiciones predominantes durante el llenado de grano. Por lo tanto, el rendimiento tiene una secuencia temporal lo que lleva a que se esté definiendo a lo largo del ciclo del cultivo.

Luego de la transformación del ápice vegetativo a reproductivo, los componentes estructurales de la panoja son fijados (número de nudos, ramificaciones primarias, secundarias, etc.). De este proceso de formación y crecimiento de la panoja depende el número de granos obtenidos de una planta y en última instancia, el rendimiento. Ya que como definieron Fischer y Wilson (1975) la respuesta de este cultivo a la casi totalidad de los recursos de producción (agua, luz, nutrientes, temperatura, genotipo) tiene como base la respuesta en crecimiento de la panoja. Goldsworthy y Tayler, citados por Siri (2004) señalan que el número de granos por panoja es función directa de la duración del área foliar por planta entre la iniciación floral y la emergencia de la panoja. Desde el punto de vista práctico el número de hojas con que el sorgo llega a floración es un resumen del estrés sufrido (anaerobiosis, salinidad, frío, etc.) y un predictor del tamaño de panojas que se tendrá.

Llenado de granos

Durante esta etapa es cuando se concreta el potencial de rendimiento que fue fijado en etapas anteriores. Según Carrasco (1989) el peso de grano tiene poca relación con el peso de panoja, ya que este componente se fija genéticamente o es ajustado por la planta de acuerdo con las condiciones, pero en todo los casos podemos decir que su variación es muy poca.

El peso de mil granos normalmente se encuentra entre 20 y 30 gramos, un cultivo de baja población puede obtener un peso de mil granos de 27,4 gramos y uno de alta población 18,9 gramos (Vallatti, 2007).

Holz y Ghisellini (1985), encontraron que para un rango entre 100 y 300 mil plantas/ha. se produce un descenso lineal en el número de granos por panoja y peso de granos explicado por los efectos de la competencia entre plantas.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

El logro de altos rendimientos en grano depende de altas tasas de crecimiento o alcanzar un largo periodo de acumulación de materia seca después de floración. Fischer y Wilson (1975) determinaron que solo un 12 % del llenado de grano se debe a fotosintatos incorporados al tejido antes de antesis, por lo que este depende mayormente de la fotosíntesis durante este periodo.

Híbridos y biotipos

El sorgo posee una gran versatilidad de uso y de adaptación a diferentes condiciones de suelo, clima y tecnología. Por eso, para lograr su máximo aprovechamiento, es fundamental conocer sus requerimientos de nutrientes y agua, ajustar la densidad y fecha de siembra óptima según zona, manejo en la protección del cultivo y productividad de los diferentes híbridos. Un punto fundamental para tener en cuenta para conseguir un bajo costo de la ración es prever con anterioridad el uso que se la dará a este, ya que un manejo diferenciado según tipo de sorgo permite atender los requerimientos del cultivo según sus especificaciones (selección del lote, fecha de siembra, distanciamiento entre líneas, fertilización), logrando que el cultivar seleccionado exprese al máximo su potencial, con la consecuente disminución en el costo de la ración. La elección de sorgos y la forma de utilización de estos (en pie verde, diferido, ensilado, o grano) va a depender por una parte del sistema de producción: cría, recría, engorde, etc. y por otra parte de las categorías que lo utilizarán (Carrasco et. al. 2011).

La correcta elección del biotipo e híbrido destinado a silaje de planta entera no nos garantiza buenos resultados, pero sin duda, la incorrecta elección de estos nos limitara en el camino a la obtención de los mejores resultados. Esto se debe a la amplia variabilidad presente en la proporción de los componentes grano, hoja y tallo entre biotipos e híbridos. Los biotipos graníferos presentan una mayor proporción de grano en su biomasa total respecto a los doble propósito. Por otro lado, los biotipos doble propósito presentan una mayor relación tallo/hoja que los biotipos graníferos. Estas proporciones se traducen en diferentes calidades de silo, siendo la relación entre la cantidad de grano y el resto de la planta uno de los principales indicadores a conocer y que será determinante a la hora de lograr mayores beneficios económicos en la producción de carne o leche (De León, 2018).

Criterios en la elección de biotipos para silaje

Cuando hablamos de campos mixtos, nos referimos a un escenario en el cual tanto la agricultura como la ganadería deben desarrollarse armónicamente y esto comprende lograr satisfacer la demanda nutricional de los animales con la oferta forrajera en cuestión. En este escenario la versatilidad de uso y de adaptación a diferentes condiciones de suelo, clima y tecnología hacen del sorgo un cultivo muy competitivo.

Lo primero a considerar en la elección de híbridos para silaje, es que se está produciendo un alimento para rumiantes donde la calidad y aporte de nutrientes estará relacionado con la utilización que hagan los microorganismos ruminales de ese alimento. No todos los componentes de un silo se degradan de la misma manera y al mismo tiempo. Los componentes del grano (almidón, hidratos de carbono, azúcares, etc.) son más degradables que los tallos y las hojas. Sin embargo, los componentes del tallo pueden ser en términos cuantitativos los más importantes, ya que el tallo participa entre un 45% a un 75% de la materia seca

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

total de la planta. Por lo tanto, la proporción de grano respecto al tallo, o la relación grano/tallo es un primer indicador de la calidad potencial y por ende el principal criterio a considerar a la hora de seleccionar un híbrido con destino silaje de planta entera. Por otro lado, no todos los granos ni todos los tallos se degradan en la misma proporción. En el caso del sorgo, el tipo de grano - ya sea alto o bajo tanino - y el estado de madurez al momento de picado afectarán los niveles de degradabilidad ruminal. Del mismo modo, los tipos de tallos también presentan una variabilidad muy importante en su digestibilidad a nivel del rumen, único sitio donde pueden ser degradados (De León, 2020).

Según De León 2018, para confeccionar silos de alta calidad con alto volumen de materia seca – además de momento óptimo de picado y correcta elaboración hay que seleccionar híbridos con alta producción de granos y con la mayor calidad de fibra posible.

Sorgos graníferos

De los tres componentes mencionados (hoja, tallo y grano) los híbridos graníferos son seleccionados principalmente por su potencial de rendimiento en grano. Por otro lado, el largo del ciclo, tipo de panoja, facilidad para la cosecha o tolerancia al vuelco y quebrado son otros caracteres que se reúnen en la elección de este biotipo (Carrasco et. al. 2011).

Cuando son seleccionados para la confección de silajes de planta entera, los biotipos graníferos se caracterizan por lograr silos de alta concentración energética gracias a su alta relación grano/planta (Advanta semillas, 2019).

Según Carrasco et al. 2011 los sorgos de tipo granifero son utilizados tanto para:

- Cosecha de grano directo.
- Aporte de energía en sistemas de engorde intensivo.
- Industria de alimentos balanceados (híbridos con ausencia o bajo contenido de taninos).
- Alimentación para aves (híbridos sin taninos).



Figura 7 Sorgo granífero

Sorgos doble propósito

Como su nombre lo indica la versatilidad de los sorgos doble propósito radica en la posibilidad de destinarlos tanto para cosecha de grano como para la confección de silaje de planta entera. Esto se debe a su elevado potencial de rendimiento en grano como también de su alta relación hoja/tallo. Este biotipo se caracteriza por su alta capacidad de macollar y por lograr una mayor producción de materia seca por hectárea que el biotipo granifero (Advanta semillas, 2019).

Según Carrasco et. al. 2011, existe una correlación entre la cantidad de grano que aporta al ensilaje un sorgo doble propósito y la digestibilidad de la materia seca (DMS) obtenida, logrando con este biotipo silajes de muy alta calidad nutritiva.

Carácter Braquítico

El carácter braquítico (br1) es uno de cuatro genes de enanismo en sorgo que modifican la altura y otras características de su tallo. El gen br1 determina el acortamiento de los entrenudos produciendo un tipo de enanismo conocido como “enanismo braquítico”, sin afectar otras características agronómicas tales como número de hojas, tamaño de la hoja, madurez o producción de biomasa. Sorgos con este gen se caracterizan por desarrollar una gran cantidad de macollos, aumentando significativamente la relación tallo/hoja (Advanta semillas, 2019).



Figura 8 Sorgo doble propósito

Nutrición

El sorgo posee requerimientos similares a otras gramíneas, como el maíz y el trigo, presentando una buena respuesta a la fertilización tanto en ambientes limitantes como en ambientes ideales (Fontanetto y Keller, 1999).

Cultivo	N		P		S	
	Req	Extrac	Req	Extrac	Req	Extrac
Sorgo	30	20	4	4	4	2

Tabla 5 Requerimientos (Req) y extracción (Extrac) de nitrógeno (N), fósforo (P) y azufre (S) del cultivo de sorgo (en kg de nutriente por tonelada de grano). Fuente: IPNI 2007.

Conociendo los requerimientos de nutrientes en base al rendimiento objetivo o esperado, y lo que puede ser aportado por el suelo, se pueden identificar los nutrientes limitantes y las dosis necesarias de fertilizantes a aplicar (Carrasco et al. 2011).

Nitrógeno

Según Carrasco et. al. el cultivo de sorgo extrae aproximadamente el 70% del total de nutrientes requeridos 20-30 días posteriores a la emergencia hasta 10 días previos a la floración. Esto indica que se vuelve fundamental proveer al cultivo de nitrógeno desde los primeros estadios de crecimiento. Respecto al momento de aplicación de la fuente nitrogenada, en planteos de siembra directa, es conveniente aplicar una sola dosis en el periodo que va desde la siembra y hasta V5 (Carrasco et al. 2011).

Por otro lado, la fertilización nitrogenada surge como otra estrategia de manejo para mejorar la calidad del alimento, específicamente en cuanto al contenido proteico. El grano de sorgo presenta valores de proteína en rangos que van desde 7% hasta 14%, dependiendo del ambiente, manejo e híbrido utilizado (Zamora y col., 2010).

Existe una correlación positiva entre el nitrógeno disponible en el perfil y el rendimiento en grano, variando este último parámetro de acuerdo con la disponibilidad hídrica del ambiente en cuestión. En la Figura 10 se observa la

respuesta en rendimiento de grano de acuerdo con diferentes estados hídricos y en función de la oferta de N.

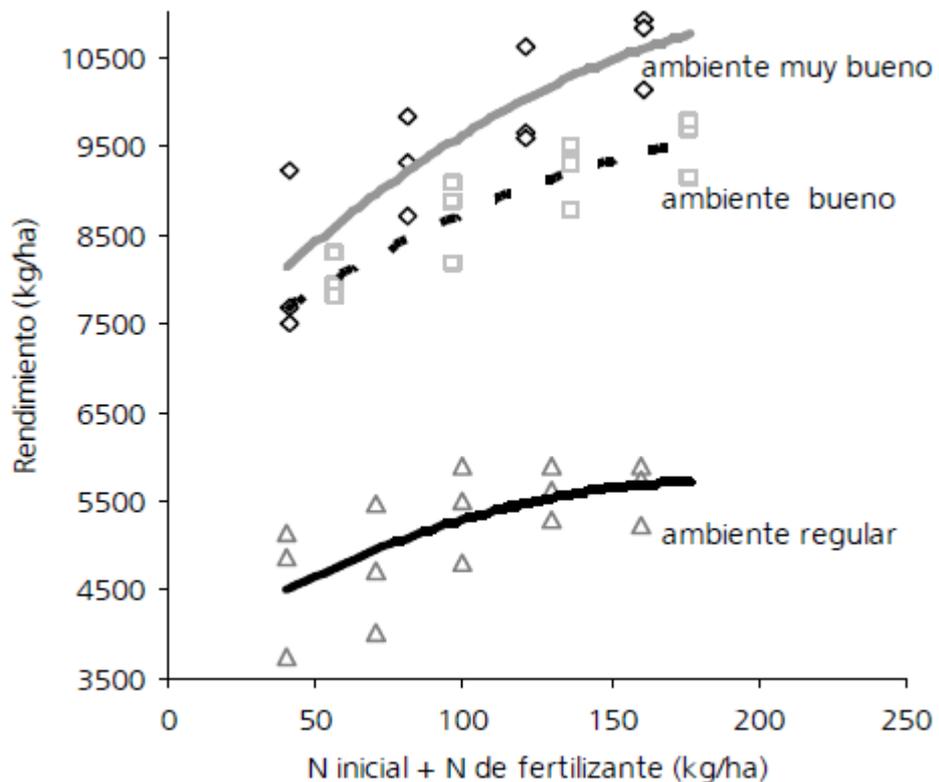


Figura 9 Respuesta del cultivo de sorgo granífero a la fertilización nitrogenada según condición hídrica (Zamora y col., 2008, 2010 y 2011).

Manejo de malezas

La competencia entre cultivo y maleza se da por recursos, muchas veces limitados, como lo son nutrientes, agua, luz y espacio.

El denominado “periodo crítico de competencia” es el lapso durante el desarrollo de los cultivos en que las malezas causan los mayores daños y el control durante dicho período es de vital importancia. En el caso del sorgo se vuelve indispensable garantizar un lote limpio de malezas desde la implantación y durante los primeros 30 días para no disminuir significativamente el rendimiento (Figura 11) (Carrasco et al. 2011).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

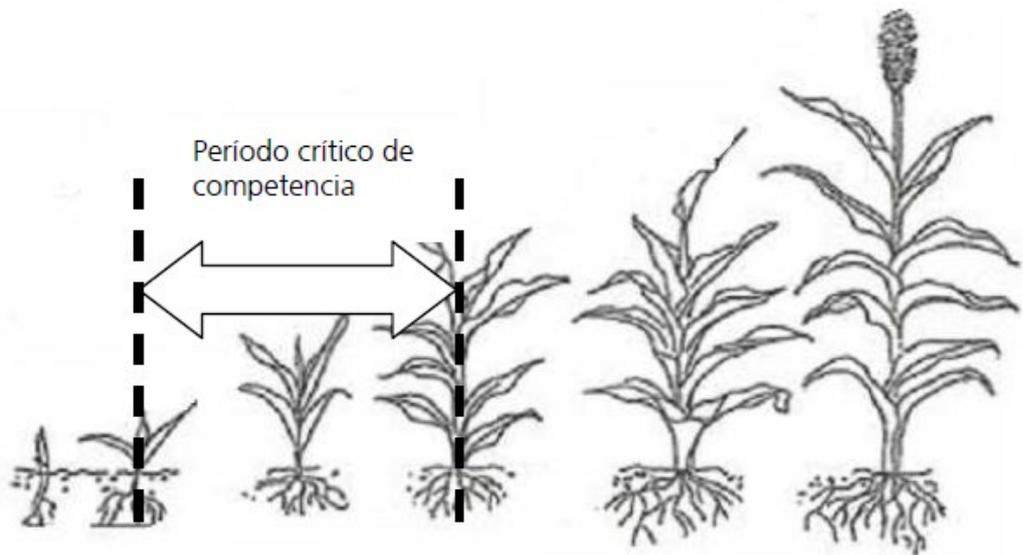


Figura 10 Período crítico de competencia de las malezas en el ciclo del sorgo.

En sistemas de labranza reducida o siembra directa, es posible emplear diversas clases de herbicidas, tanto de contacto como mezcla de hormonales y otros activos de acción residual. Los más difundidos para el manejo de malezas de hoja ancha, registrados para sorgo en postemergencia son el 2,4D, picloram, clopiralyd y dicamba. Otra herramienta para el manejo de malezas en preemergencia se basa en el uso de s-metolacloro, teniendo la precaución de utilizar semilla tratada con antídoto. Respecto al control de gramíneas en postemergencia, los controles con estos herbicidas no resultan del todo satisfactorios (Carrasco et al. 2011). La dificultad para lograr un exitoso control de gramíneas tanto en preemergencia como en post emergencia fue una de las principales limitantes en la extensión del cultivo de sorgo, hasta la llegada de la tecnología igrowth en el año 2018.

Tecnología igrowth

Igrowth™ es una tecnología desarrollada por la empresa Advanta semillas a través de métodos de mutagénesis para el cultivo de sorgo. Esta tecnología le confiere al cultivo resistencia a herbicidas de la familia de las imidazolinonas. Aplicar este tipo de herbicidas a un sorgo convencional produciría la muerte de la planta por fitotoxicidad. (Advanta semillas 2020).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo



TESTIGO CONVENCIONAL

Híbrido: VDH 422

Localidad: Trinidad, Uruguay

Herbicidas pre-emergencia: Glifosato + Tordón + 1.5 Lts/ha Metolaclor

Herbicidas post-emergencia: NO



Híbrido: ADV 1350 IG

Localidad: Trinidad, Uruguay

Herbicidas pre-emergencia: Glifosato + Dicamba + 120grs/ha SEMAR

Herbicidas post-emergencia: 200 grs/ha SEMAR

Figura 11 Experiencia en el uso de sorgos igrowth vs sorgo convencional. Fuente: Advanta semillas 2019.

Propuesta de uso

Advanta semillas (2020) propone dos tipos de manejos para sorgos igrowth de acuerdo con la situación de malezas en el lote, resaltando la importancia del monitoreo e identificación de estas. La figura 15 describe dos posibles escenarios, donde en un caso se recomienda una única aplicación de atrazina e Imazetapir en preemergencia logrando el control de numerosas malezas latifoliadas, así como de ciertas gramíneas y, por otro lado, un segundo caso para el manejo de malezas complicadas (como sorgo de alepo) proponiendo dos aplicaciones, una en preemergencia y otra en V3 (Advanta semillas 2020).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

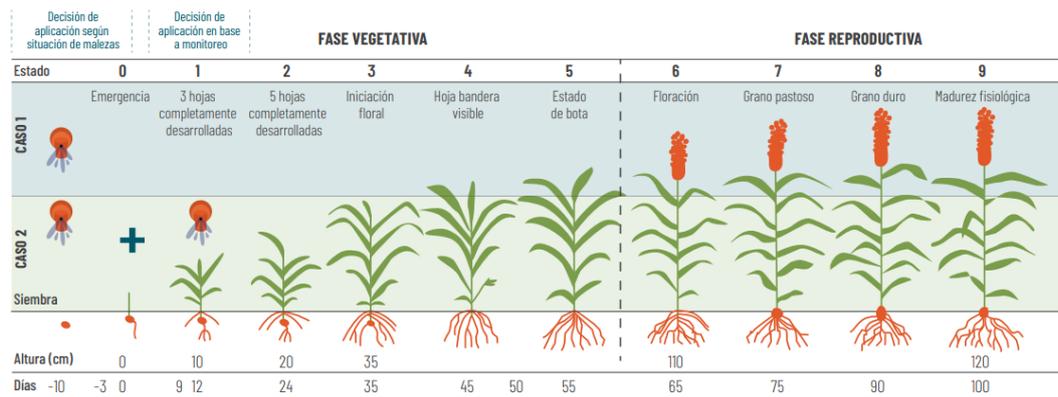


Figura 12 Propuesta de uso de la tecnología igrowth partiendo de dos posibles casos. Fuente: Catalogo Advanta semillas 2020.

Plagas

Para lograr expresar todo el potencial genético del sorgo es imprescindible actuar sobre ciertas variables factibles de controlar que afectan el rendimiento. El manejo integrado de las plagas busca controlar y mitigar aquellas plagas que se presentan periódicamente y poseen capacidad para infligir los mayores daños. Según Carrasco et al. (2011), las principales plagas son:

- **Mosquita del sorgo (*Contarinia sorghicola*).** El daño es ocasionado principalmente por las larvas que se alimentan de los granos en desarrollo y como resultado las espiguillas atacadas quedan vacías y estériles. El ciclo de vida de la mosquita es corto, 19 días en promedio, y cada mosquita coloca entre 50 y 100 huevos. Esto le permite incrementar su población notablemente desde la aparición de las primeras panojas de sorgo de alepo hasta la floración del cultivo.
 - **Barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*).** Los adultos colocan los huevos en el envés de las hojas y las larvas se alimentan primero de las hojas para luego introducirse en su interior perforando los tallos y haciendo galerías. Estas galerías debilitan las plantas, las cuales se quiebran en su parte superior provocando la caída de la panoja antes o durante la cosecha.
 - **Pulgón verde de los cereales (*Schizaphis graminum*).** Succionan la savia de la planta, introducen toxinas que pueden transmitir virus o mismo ser vectores de enfermedades. Algunas características que lo diferencian del resto de los pulgones es su color verde esmeralda con una franja más oscura en el dorso y sus antenas oscuras. Las patas son del mismo color del cuerpo. Este insecto puede ocasionar grandes pérdidas si el ataque coincide con el estadio de plántula. Esto ocurre especialmente en las siembras de diciembre, para las que se puede tratar la semilla con insecticidas sistémicos.
- Pulgón amarillo de la caña de azúcar (*Melanaphis sacchari*).** La principal amenaza de esta plaga al cultivo de sorgo se basa en su alta tasa de reproducción y potencial destructivo. Estos áfidos se alimentan de la savia que la planta necesita para su desarrollo y como consecuencia decoloraciones de las hojas y etapas de desarrollo del grano generan panojas reducidas en tamaño y retardos en el desarrollo

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

del grano. Al mismo tiempo, a medida que el pulgón se alimenta produce una gran cantidad de melaza que favorece el crecimiento de un hongo denominado fumagina. Estos pulgones se caracterizan por presentar un color amarillento pálido, cornículos negros en la región posterior, puntas de los pies y antenas de color negro.

Enfermedades

Ergot o Rocío azucarado (*Sphacelia sorghi*). Es una enfermedad de suma importancia en los biotipos de sorgo graníferos y doble propósito ya que incide sobre la panoja, interviniendo en la polinización y formación del grano.

Cuando las flores se abren, los estigmas brotan y se hacen receptivos, pudiendo ser polinizados y fecundados sus ovarios en pocas horas. El síntoma típico es la producción de exudados azucarados, una semana después de la infección, que se observan claramente cuando la humedad relativa es elevada. La característica natural de la floración del sorgo hace que la misma no sea homogénea dentro de la panoja, incrementando así el período en el cual el cultivo es vulnerable. Considerando esto, para el manejo es imprescindible ajustar la fecha de siembra de manera tal que la floración coincida con periodos de alta temperatura y baja humedad. Las principales medidas de manejo en nuestra región están relacionadas a evitar las siembras tardías y tener en cuenta la elección del ciclo del cultivar (días a floración) (Carrasco et al. 2011).

Silajes de planta entera

El silaje es una técnica de conservación de forraje por vía húmeda a diferencia de la henificación (fardo o rollo) donde la conservación del material se produce a partir de una deshidratación previa (Bertoia et al. 1993).

Este tipo de reserva permite el desarrollo de un complejo grupo de microorganismos (M.O.) en un ambiente sin oxígeno (anaerobiosis). El objetivo es conservar el valor nutritivo de la planta verde, a través de distintos procesos químicos y biológicos que se producen en el material ensilado.

Importancia del silaje de sorgo en la alimentación animal

La utilización de silajes de planta entera de sorgo como oferta forrajera en sistemas mixtos está siendo cada año más utilizado principalmente por las siguientes ventajas: Altos rendimientos por hectárea de un alimento con elevado nivel energético.

- Alimento muy palatable para el animal.
- Almacenaje inmediato luego del corte.
- Bajos niveles de perdidas.
- Bajo costo de producción por kg de materia seca digestible.

La utilización estratégica de este recurso forrajero no se debe limitar tan solo a suplir deficiencias sino también para tener un mejor manejo de la carga animal y, por lo tanto, un mejor aprovechamiento de un recurso caro y escaso como es la tierra lo cual, permite incrementar la competitividad del sector ganadero (Bragachini, et al. 2018).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

¿Porque sorgo?

Cuando hablamos de confección de silajes en sistemas de producción de carne y leche una de las disyuntivas que se presenta es optar por maíz o sorgo granífero. (Bragachini et al. 2018).

En zonas donde la limitante lo impone el tipo de suelo y/o clima, con rendimientos de maíz que no superan los 3000 kg/ha en grano, sería conveniente picar sorgo para lograr silajes de alta calidad de manera estable. Esto se debe a que el maíz estaría produciendo alrededor de 7128 Mcal EM/ha, comparables con las que produce un sorgo de 4700 kg/ha de rinde en grano promedio con la ventaja de ser este último, requiere de una menor cantidad de agua para producir un kg. de materia seca y con menores costos productivos. Para la confección de silaje de sorgo es indispensable garantizar la partición del grano y que estará influenciada por el momento de picado. De lo contrario es muy probable que por más que el cultivo contenga una muy buena relación grano/planta, no sea aprovechada la energía provista por la panoja, ya que la mayoría de los granos enteros serían eliminados por heces, sin ser degradados por las bacterias ruminales. A pesar de esto y teniendo en cuenta la disponibilidad de maquinaria con procesadores de grano específicos para sorgo, el silaje de esta especie se constituye en una alternativa muy valiosa en zonas marginales para maíz, donde el balance hídrico y las características edáficas o climáticas, hacen muy riesgosa la producción de otros cultivos destinados a la producción de silajes energéticos (adaptado de INTA PRECOP II 2007)).

Un importante criterio a considerar en el camino a la elección del cultivo e híbrido para silaje de planta entera es el costo estimado que se deberá incurrir por kilogramo de materia seca producido (De León, 2020).

En la tabla 6 se observa el desglose de costos incurridos hasta alcanzar el costo total del silo por tonelada de materia seca obtenida (Cámara de contratistas forrajeros abril 2021).

MAIZ			SORGO		
Confección de Silo	Aéreo	Embolsado	Confección de Silo	Aéreo	Embolsado
Precio básico	\$ 18,800	\$ 18,800	Precio básico	\$ 18,800	\$ 18,800
Precio por Ton.	\$ 625	\$ 745	Precio por Ton.	\$ 625	\$ 745
Precio por Ha.	\$ 40,675	\$ 44,875	Precio por Ha.	\$ 40,675	\$ 44,875
Costo \$/ha de Maíz 35%MS (Rinde estimado 35Tn)			Costo \$/ha de Sorgo 35%MS (Rinde estimado 35Tn)		
Semilla	\$ 9,891		Semilla	\$ 2,550	
Labranza + Fumigadas	\$ 3,925		Labranza + Fumigadas	\$ 6,900	
Agroquímicos + Fertilizantes	\$ 13,740		Agroquímicos + Fertilizantes	\$ 4,300	
Alquiler de la tierra*	\$ 17,120		Alquiler de la tierra*	\$ 12,840	
Total Costo del Cultivo	\$ 44,676		Total Costo del Cultivo	\$ 26,590	
Costo de ensilaje x Tn MV	\$ 1,162	\$ 1,282	Costo de ensilaje x Tn MV	\$ 1,162	\$ 1,282
Costo de ensilaje x Tn MS	\$ 3,320	\$ 3,663	Costo de ensilaje x Tn MS	\$ 3,320	\$ 3,663
Costo Total del silo x Tn MV	\$ 2,439	\$ 2,559	Costo Total del silo x Tn MV	\$ 1,922	\$ 2,042
Costo Total del silo x Tn MS	\$ 6,967	\$ 7,310	Costo Total del silo x Tn MS	\$ 5,491	\$ 5,834

Tabla 6 Precios y costos de referencia tomados de la CACF y de la revista Márgenes Agropecuarios. Precios en pesos más IVA, bolsa e inoculante a cargo del cliente. Incluye 1000 mts. de distancia del potrero al silo (distancias superiores a los 1000mts se cobrarán a razón de 1lt Gasoil/Tonelada/Kilómetro) MV: Materia Verde, medida a la finalización de la confección del silo.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

MS: Materia Seca *Maíz / Soja: precio promedio de alquiler 16qq de soja - Sorgo/Trigo/Avena/Cebada/Alfalfa: precio promedio de alquiler 12qq de soja (uso del lote 6meses)
*Alfalfa: el costo total del cultivo se divide por cuatro (duración), tomando de esa manera el valor anual para realizar los cálculos siguientes.

Se observa una diferencia de un 30% entre los costos incurridos en la confección de silaje de maíz vs silaje de sorgo. Todos los recaudos que se tomen con el fin de mejorar el rendimiento, desde la elección del híbrido, control de malezas y fertilización básicamente va a tener un rédito económico positivo respecto al costo de materia seca. Es posible lograr altos niveles de producción (kg MS/ha), aun en condiciones de sequía o de años desfavorables, aprovechando las potencialidades del cultivo de sorgo. Además, este cultivo brinda seguridad a los sistemas ganaderos debido a los menores costos de producción y a los altos niveles de fibra de alta calidad que se pueden obtener pudiendo cubrir así, los requerimientos de distintas categorías animales. Logrando un 65% de digestibilidad, aseguramos cualquier proceso de recría (750/800 gramos por animal y por día). Para lograr todo esto, las decisiones deben ser orientadas a controlar las pérdidas. El proceso de transformación desde el cultivo a carne y leche conlleva muchas variables potenciales de generar pérdidas (De León, 2020).

Impacto de la calidad de la fibra en la producción animal

No cabe duda de que la calidad de los silajes es uno de los principales aspectos para tener en cuenta para lograr los mejores beneficios económicos en la producción de carne o leche y que el primer paso que determina esa calidad es la elección del híbrido a sembrar. También es conocida la amplia variabilidad de alternativas que existen entre cultivos, con diferencias muy importantes en la calidad de silaje obtenida. Entonces cabe preguntarse de qué depende esa calidad y cuáles son los aspectos a considerar para seleccionar un híbrido con destino a silaje de planta entera.

La calidad del forraje influye notablemente en los márgenes de producción animal, sabiendo que a medida que esta disminuye también lo hace la digestibilidad y el nivel de consumo, impactando negativamente en los márgenes de la empresa (Opacak F. et al. 2018).

Los componentes del grano son más degradables que los tallos y las hojas. Sin embargo, el tallo puede ser, en términos cuantitativos, el más importante (entre 45% y 75% de la materia seca total de la planta). Por lo tanto, la proporción de grano respecto al tallo, o la relación grano/tallo es un primer indicador de la calidad potencial (De León, 2017).

En la figura 16, se observan los componentes de rendimiento de diferentes biotipos de sorgo y maíz, a partir de un ensayo llevado a cabo por el INTA Manfredi en la campaña 2016/17.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

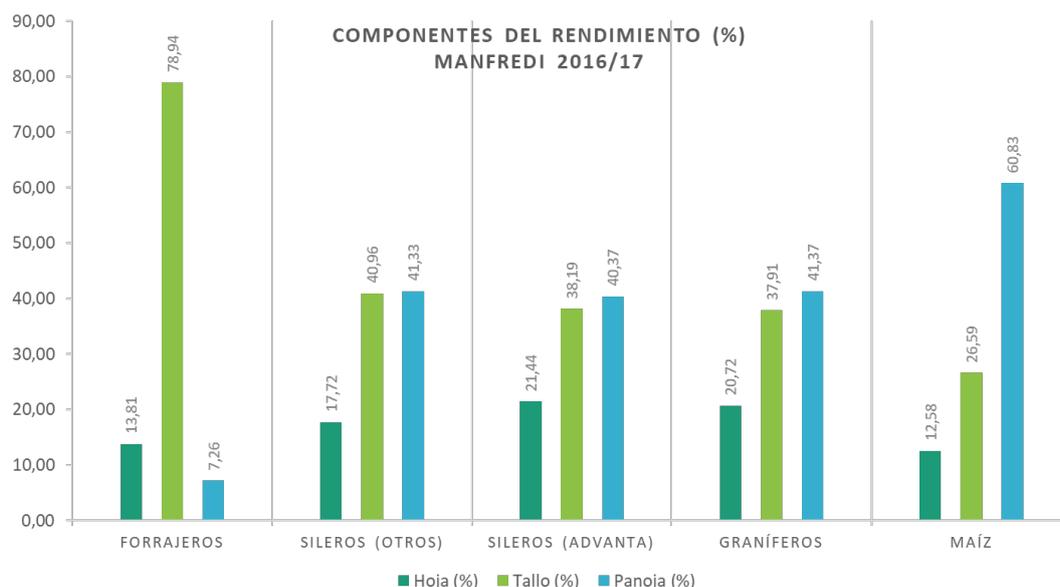


Figura 13 Componentes de rendimiento de diferentes biotipos de sorgo y maíz, a partir de un ensayo llevado a cabo por el INTA Manfredi en la campaña 2016/17.

En la tabla 7 se observan los rendimientos de híbridos de sorgo para silajes (campaña 2017/18), recopilados a partir de un ensayo de validación realizado en INTA Manfredi.

Rendimiento de híbridos de sorgo para silajes (2017/2018)				
Material	Rendimiento (kg MS/Ha)	Participación (%)		
		Grano	Tallo	Hoja
ADV 2800	19376 b	11,2	72,2	16,6
V42977	19131 b	46,8	34,1	19,1
Sugargraze (AR)	17065 ab	12,5	75	12,5
VDH 422	16852 ab	50,2	33	16,8
ADV 2499	15033 a	50,1	32,9	17

*Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Tabla 7 Rendimiento de diferentes híbridos de sorgo con destino silaje de planta entera. Manfredi, Córdoba 2018.

Por otro lado, no todos los granos ni todos los tallos se degradan en la misma proporción. El tipo de grano - ya sea alto o bajo tanino - y el estado de madurez al momento de picado afectarán los niveles de degradabilidad ruminal. Del mismo modo, los tipos de tallos también presentan una variabilidad muy importante en su digestibilidad a nivel del rumen, único sitio donde pueden ser degradados. En este sentido los materiales BMR (nervadura central marrón) presentan valores más

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

altos de degradabilidad de la fibra que los no BMR ya que presentan un menor contenido de lignina. El principal componente del tallo es la pared celular que se cuantifica mediante el valor de FDN (fibra en detergente neutro) y que puede estar en proporciones que van entre el 50 y 75% del tallo, el resto es contenido celular que está en menor proporción (De León, 2017).

El aporte de nutrientes para el animal está limitado por el nivel de los componentes no digeribles (celulosa acoplado a la lignina) que son estimados por la fracción Fibra Detergente Ácido (FDA).



Figura 14 Diagrama conceptual de los componentes del silaje

En los silajes de planta entera, la FDN puede representar del 45 a 65% de todo el material ensilado. Por lo tanto, la degradabilidad de la pared celular es un muy buen indicador de la calidad de un silaje y una de las formas de calcularla es midiendo la fracción indigerible de esta pared celular o FDN indigerible (FDNi). La diferencia entre los dos estimadores de la fracción no digerible de los forrajes (FDA y FDNi) es que el primero es una evaluación química, mientras que la segunda es una determinación biológica que la representa en mejor medida y de esta manera es un mejor predictor de la digestibilidad. Para confeccionar silos de alta calidad es necesario seleccionar híbridos con alta producción de granos y con la mayor calidad de fibra posible (De León, 2017).

En la Tabla 8 se detallan los resultados de mediciones realizadas en el INTA Manfredi en 2014, cuando se determinó la FDNi de distintos híbridos de sorgo y maíz en el momento de confección de silajes, mediante la incubación de muestras dentro del rumen de bovinos fistulados (técnica "in situ"). Esto demuestra la gran variabilidad existente entre híbridos y la mayor calidad de la fibra de algunos sorgos respecto al maíz, con una clara ventaja para ser usados como sileros respecto a este carácter.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

HÍBRIDO	TALLO	
	FDNI (%)	DRFDN (%)
ADV 2900	44.50	55.50
MAÍZ	37.17	62.83
MAÍZ	33.84	66.16
VDH 422	32.63	67.37
MAÍZ	32.34	62.83
SUGARGRAZE	31.88	68.12
ADV 2499	26.44	73.56

Tabla 8 Resultados de los componentes FDNI y DRFDN (%) de muestras recolectadas in situ, en el marco de cartas acuerdo entre el INTA Manfredi y Advanta semillas. Campaña 2014/15. Fuente: fortia.com.ar

En la tabla 9, se detallan algunos resultados comparativos de calidad en maíz y sorgo con muestras tomadas en campos de productores durante la campaña 2014-15.

SITIO	MATERIAL	MS%	PB%	FDN%	FDA%	DIGESTIBILIDAD%
Las Catalinas Junín	Sorgo ADV 2499	30.8	6.4	48.5	26.5	69.4
	Maíz ADV 8101 MGRR2	25.1	6.9	54.3	28.7	67.9
La Pelada	Sorgo VDH 305	42.1	6.1	50.0	26.2	69.6
	Sorgo ADV 2499	31.4	6.2	54.2	29.6	67.2
	Maíz	27.1	7.3	52.3	27.8	68.5

Tabla 9 Resultados comparativos de calidad en maíz y sorgo, recopilados en el marco de cartas acuerdo entre el INTA Manfredi y la empresa Advanta semillas. Campaña 2014/15. Fuente: fortia.com.ar

Estas diferencias se corresponden luego con la respuesta animal durante la alimentación con silajes, que con sorgos puede variar entre 300gr/día y algo más de 1 kg de ganancia de peso/día según datos obtenidos en INTA Manfredi. Algunos resultados comparativos se presentan en la tabla 10.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

HÍBRIDOS	GANANCIA DE PESO (g/día)
SORGO ADV 2900	350
SORGO VDH 422	630
SORGO ADV 2499	780
SORGO VDH 305	980
MAÍZ	1000

Tabla 10 Resultados comparativos en la performance de animales alimentados a base de sorgo y maíz en el marco de validaciones a campo entre la empresa Advanta semillas y el INTA Manfredi, Córdoba. Campaña 2015/16. Fuente: fortia.com.ar

Es importante resaltar que la calidad de la fibra está relacionada con el nivel de producción de ácido acético en el rumen, el cual es un precursor de la grasa en leche. Por lo tanto, el uso de materiales de sorgo con alta digestibilidad de fibra es una herramienta muy valiosa para obtener mayores contenidos de grasa en leche. Esto indica que, si bien existen diferencias significativas en la respuesta animal al utilizar diferentes biotipos de sorgo, maximizando la calidad de los silajes de sorgo es posible alcanzar similares respuestas entre maíz y sorgo, y también similares eficiencias de conversión (De León, 2018).

Planificación del momento de picado

Los procesos involucrados en la transformación del cultivo en carne son difíciles de visualizar y cuantificar, pero son los que definen el resultado obtenido y los que a su vez están sujetos a posibles pérdidas. El momento de corte y picado del cultivo de sorgo para la confección de ensilajes, puede afectar la producción forrajera, la composición morfológica de la planta, la calidad del forraje cosechado, el proceso fermentativo y el nivel de pérdidas. Todo esto será determinante de la respuesta animal lograda durante la utilización del ensilaje en la alimentación y también, del resultado económico del proceso productivo (De León, 2020). Se vuelve entonces indispensable distinguir estos grandes procesos involucrados en la transformación del cultivo en carne y/o leche.

En la figura 18 se presenta el esquema conceptual del proceso de transformación desde el cultivo, atravesando los principales eslabones de la cadena hacia la producción y suministro de alimento (silo) hasta alcanzar el producto final.



Figura 15 Esquema del proceso de transformación del cultivo a través de Silajes, hasta el resultado económico del sistema ganadero.

Bajo otro punto de vista, podemos observar este proceso como una cadena. Esta cadena será tan fuerte como su eslabón más débil. Bajo este concepto, sería incorrecto enfocarnos solo en el cultivo y en el resultado final sin monitorear los

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

procesos intermedios. Tampoco sería correcto destinar un cultivo a silaje sin conocer o plantear un resultado esperado. Este proceso está sujeto en cualquiera de sus partes a distintas instancias de pérdidas de diferente magnitud.

Una vez seleccionado el híbrido el productor debe concentrar sus esfuerzos en los factores posibles de ser controlados (Owens, F. 2008).

Según De León, el manejo de un cultivo con destino a silaje de planta entera debería enfocarse en los siguientes factores:

1. **La elección de la fecha adecuada de picado**
2. **Longitud del picado**
3. **Procesamiento del grano**
4. La **confección** y el **almacenamiento** adecuado del silo para reducir las pérdidas por fermentaciones inadecuadas (este último aspecto se tratará en un capítulo aparte).

Madurez y humedad

El porcentaje de humedad adecuado del forraje resulta esencial para asegurar que la fermentación se realice en forma correcta, además de facilitar la compactación para una eficiente eliminación del oxígeno durante el proceso de llenado y compactado (Giménez, 2020). En relación con el contenido de humedad del forraje otros aspectos importantes a considerar son:

- Producción de efluentes: existe una correlación positiva entre los efluentes (perdidas) y el contenido de materia seca. Cuando el contenido de humedad se torna mayor al 70% los efluentes se hacen máximos (De León, 2020).
- Pérdida de nutrientes y materia seca: Teniendo en cuenta que los efluentes tienen entre el 6 y 8% de materia seca expresados como nutrientes solubles, las pérdidas son significativas cuando no se considera este aspecto al momento de la confección.

Momento óptimo de picado

Como se explicó anteriormente, el contenido de humedad en el cultivo es un factor clave para lograr calidad en el material ensilado, aunque no es el único, ya que es importante tener en cuenta también, el contenido de humedad y almidón de los granos, en el caso de que se haga un silaje energético como lo es el del sorgo. Contenidos de materia seca entorno al 33 y el 40%, coincide generalmente con casi completo llenado de los granos, en que el cultivo cuenta con el máximo contenido de energía disponible, mejorando sustancialmente la performance animal de los rodeos a los cuales se destine este forraje (Bragachini et al. 2018).

Considerando que la panoja de sorgo madura de a tercios, deberíamos picar el cultivo cuando el tercio superior se encuentra duro, el tercio medio pastoso y el tercio inferior lechoso.

Sin embargo, lo más importante debería ser que el material total a ensilar tenga entre 33 y 38% de materia seca. Esto determina el momento óptimo para todos los factores involucrados y no siempre coinciden con el estado de grano mencionado anteriormente, o no se puede aplicar en situaciones con escasa proporción de grano (De Leon, 2018).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

La figura 19, esquematiza los problemas y limitantes identificados ante un picado fuera del rango óptimo. En todos los casos, picar con mayor humedad (picado temprano) puede provocar la lenta acidificación, con un deficiente proceso fermentativo, mala conservación y pérdida de nutrientes por formación de efluentes y lixiviación o lavado. Por el contrario, baja humedad al momento de picar (picado tardío), provoca problemas en la compactación y eliminación del aire, lo que permite el desarrollo de levaduras, hongos y micotoxinas, eleva la temperatura, consume nutrientes y deteriora la calidad del ensilaje (De León 2020).



Figura 16 Representación gráfica de problemas y limitantes identificados ante un picado temprano o tardío (Fuente: elaboración propia).

El contenido de materia seca del forraje ensilado, por consiguiente, se relaciona directamente con la cantidad de efluente producido, la densidad y el grado de compactación del ensilaje y con la cantidad y calidad del forraje disponible (Piltz y Kaiser, 2004).

La tasa de desecación

Poder estimar el momento óptimo de picado según la evolución de la humedad de los cultivos permitiría programar con suficiente anticipación el mismo, para mejorar de este modo el proceso de confección, conservación y posterior utilización. En este sentido, la tasa de desecación nos permite definir con antelación el momento óptimo de picado (De León, 2018).

Tasa de desecación: Pérdida de humedad de la planta entera desde la formación del grano hasta el momento óptimo de picado, expresado en % de materia seca/día, lo que determina la ventana de picado (cantidad de días en que el cultivo se encuentra en el rango óptimo de materia seca para la confección de silaje).

Estimación del momento óptimo de picado utilizando la tasa de desecación

Conociendo la tasa de desecación del híbrido a utilizar, los días a picado podrían calcularse como:

$$\% \text{ M.S. P} = \% \text{ M.S.C} + \text{T.D} * \text{Días}$$
$$\text{DÍAS} = (\% \text{ M.S.P} - \% \text{ M.S.C}) / \text{T.D.}$$

%MSP= porcentaje de materia seca al picado

%MSC: porcentaje de materia seca conocido (obtenido)

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

TD= tasa de desecación

Ejemplo: considerando un híbrido que al momento del muestreo presenta 30% de materia seca y su tasa de desecación es de 0,19 puntos de MS por día, entonces los días que faltan para picarlo con un porcentaje óptimo de materia seca (35%) serán:

$$(\%MS P - \%MS C) / T.D.= \text{Días}$$
$$(35-30) / 0,19= \mathbf{26,3 \text{ días}}$$

Este criterio está instalado para maíz en otros países con información que señala una tasa de desecación promedio de 0.5 puntos de MS/día como pauta general, pero no se contaba hasta la actualidad con datos para el cultivo de sorgo.

Con el objetivo de estimar la tasa de desecación de los cultivos de maíz y sorgo mediante la evolución del porcentaje de materia seca (%MS) de la planta entera y de sus fracciones; en la EEA Manfredi (Córdoba) del INTA, se desarrollaron una serie de evaluaciones durante dos años (campana 2015/16 y 2016/17). Los resultados de tasas de desecación de las plantas enteras obtenidos se presentan en la tabla 11.

GRUPO GENÉTICO	HÍBRIDO	TASA DE DESECACIÓN AÑO 1 (*)	TASA DE DESECACIÓN AÑO 2 (*)	PROMEDIO (*)
Maíz	ADV 8537 T	0.52	0.49	0.50
Sorgo Granífero	ADV 1302	0.28	0.30	0.29
Sorgo doble propósito	VDH 422	0.27	0.22	0.25
Sorgo forrajero azucarado 1	Sugargraze - AR	S/D	0.19	0.19
Sorgo forrajero azucarado 2 (fotosensitivo)	ADV 2010	0.17	0.16	0.16

Tabla 11 Tasa de desecación obtenida durante dos años consecutivos. Híbridos participantes | (*) Puntos porcentuales de pérdida de humedad por día.

Para los sorgos no había información previa y los resultados obtenidos muestran claramente que se secan más lentamente que el maíz, lo que le otorga en general una mayor ventana de picado.

Por otra parte, las diferencias entre los distintos tipos de híbridos muestran que los de ciclo más largo se secan a muy bajas tasas, lo que indica que hay que esperarlos mucho tiempo para que tengan el contenido adecuado de humedad

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

para la confección de ensilajes. Particularmente en el caso de los híbridos del tipo forrajeros, especialmente los fotosensitivos que se secan casi 1 punto por semana, el tiempo para llegar al porcentaje de materia seca adecuado provoca un alto grado de lignificación de la pared celular del tallo que representa un 70% del total del forraje y por ende causa una disminución importante de la calidad. Si estos híbridos se cortan con alta humedad, el ensilaje tendrá altas pérdidas por lixiviación y mala fermentación.

Puesto que el tallo es el componente de mayor contenido de humedad y los granos el componente más seco, una estrategia a utilizar para modificar el porcentaje de materia seca al momento de picado podría ser modificar la altura de corte ya que de esta manera se afecta la participación relativa de las distintas fracciones. Sin embargo, esta herramienta solo tiene impacto en los híbridos con contenidos de grano significativos. Además, la altura de corte también afecta la calidad y cantidad de forraje ensilado (De León, 2018).

Manejo de la altura de corte

La altura de corte va a depender en cierta medida de la altura de la planta que se vaya a picar y de la condición del cultivo. En el primer punto, debemos considerar que si se trata de un cultivo de bajo porte (sorgo granífero). En líneas generales se define la altura de corte adecuada alrededor de 30 cm o sobre el primer entrenudo en sorgo, lo que además favorecerá el rebrote de este, en el caso que la latitud y las condiciones climáticas lo permitan (De León, 2018).

En la tabla 12 se presentan los resultados de la materia seca al momento de picado de distintos híbridos evaluados durante la campaña 2016/17 y el impacto de la modificación de la altura de corte, en el marco de validaciones a campo entre la empresa Advanta semillas y el INTA Manfredi, Córdoba.

Material	Días a fecha de picado	%MS de planta entera (1) al momento de picado	Tasa de desecación %MS/día (1)	%MS sin tallo inferior (2)	Tasa de desecación sin tallo inferior (2)	Tasa inferior (3) (% kg MS) de la planta entera	Tallo inferior (3) (Kg MS/ha)
Maíz	110	48,35	0,48	54,55	0,61	9,7	2293
ADV 1302	124	37,96	0,30	45,98	0,44	17,1	3663
VDH 422	140	32,32	0,21	43,23	0,28	15,6	3348
SugarGraze AR	140	28,34	0,19	29,28	0,20	16,4	4870
ADV 2010	150	25,93	0,16	26,43	0,17	12,9	3400

Tabla 12 Impacto de la altura de corte en el porcentaje de material seco, en la tasa de desecación y en la cantidad de materia seca. Resultados campaña 2016/2017 - Manfredi, Córdoba. (1) Corte a 20 cm del suelo (2) corte a 50 cm del suelo (3) tallo entre los 20 y 50 cm.

Se observan los cambios en el porcentaje de materia seca del material picado, que aumentan principalmente en los híbridos con granos, no así en los dos forrajeros azucarados. También se incrementan las tasas de desecación (salvo en los forrajeros) y en todos los materiales disminuye aproximadamente un 15% el rendimiento total a obtener, al aumentar la altura de picado de 20 cm a 50 cm. Sin

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

embargo, al aumentar la altura de corte se puede mejorar la calidad del silo ya que se incrementa la proporción de grano en el mismo y puede ser una herramienta de manejo para confeccionar un silaje con un adecuado porcentaje de materia seca. Como los sorgos del tipo forrajero no producen granos, no se logra el efecto de mejora en el porcentaje de materia seca subiendo la altura de corte (De León et al. 2018).

Tamaño y uniformidad de picado

La importancia de lograr un buen picado alcanzando el tamaño de fibra deseado, uniformidad de picado y un correcto partido de granos, para su mayor aprovechamiento por parte de los animales, es clave para confeccionar silos de alta calidad nutricional.

El tamaño de picado debe estar definido en una primera instancia por la condición de materia seca que posea el cultivo al momento de picado. Siendo lo más conveniente aumentar el tamaño de picado cuanto más temprano al óptimo se pique y disminuyendo el tamaño de picado cuanto más tarde al óptimo se pique. Por otra parte, debe responder a la necesidad nutricional que debe cubrir este forraje en la dieta de los animales a los cuales va a ser destinado (producción de carne o leche), sin afectar el consumo, brindando movilidad ruminal y un correcto aprovechamiento en el comedero.

Se define como correcto, un picado de 15 mm (producción de carne) y de 19 mm (producción de leche), con absolutamente todos los granos partidos. A su vez, este debe contar con un 8% mínimo de partículas de más de 2,5 cm en el caso de bovinos para carne y un mínimo de 12% de partículas de más 2,5cm en el caso de bovinos para leche. Esto se debe a que cuando las partículas tienen menos de 10 mm, la tasa de pasaje a nivel ruminal es muy alta, pudiendo ocasionar falta de eficiencia en el aprovechamiento de los nutrientes (Bragachini et al. 2018).

Procesamiento del grano

Es importante tomar conciencia del efecto que ofrece el partido de granos en la digestibilidad de los silos de sorgo, permitiendo la mejor expresión de la calidad potencial de estos, al momento de ser aprovechado por los animales. El grano de sorgo posee más del 70% de su materia seca como almidón, pero su aprovechamiento por parte del animal se ve afectado por la forma en que el grano se presenta al momento de la alimentación.

Cuando el grano no ha sido partido o molido, el silo de sorgo no expresa su potencial nutricional, ya que no puede ser aprovechado por el animal y se pierden estos granos en las deposiciones fecales. Para evitar este problema y lograr el máximo aprovechamiento, es fundamental lograr el quebrado de los granos al momento de realizar el picado de la planta entera, en vistas a la confección de un silo de alta calidad nutricional. De esta forma se logra romper la matriz proteica que posee en su superficie y que impide la acción de las enzimas digestivas, logrando una buena exposición de los nutrientes para su aprovechamiento por parte de las bacterias ruminales. Los granos que no son partidos pasarán en un alto porcentaje por el tracto gastrointestinal sin digerirse.

Además, el uso del procesador de granos específico de sorgo genera pequeñas lesiones a las partículas de fibra, aumentando su superficie de ataque por las mencionadas bacterias, aumentando su digestibilidad. En el caso que se observara una reducción del tamaño de fibra objetivo, por efecto del procesador de granos, es necesario aumentar en la misma proporción el tamaño de picado

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

teórico en la máquina. Esta tecnología se vuelve fundamental, cuando el contenido de materia seca del forraje al momento de ser picado se encuentra por encima del 37% (Opacak F. et al. 2018).

Proceso de confección

De León propone tomar en cuenta indicadores que nos permitan cuantificar aspectos claves al momento de confección.

1. **Momento de picado.** Determinar nuevamente la materia seca de una muestra representativa de plantas del lote, ya sea a través del método del microonda o Koster Tester, mencionados anteriormente, nos permitirá saber si nos encontramos dentro de la ventana de picado y evaluar decisiones si nos encontramos fuera de esta. Del porcentaje de MS obtenido al momento del picado, también dependen una serie de decisiones:
 - a. Altura de picado. Como se mencionó anteriormente, la altura de corte influye directamente sobre el contenido de humedad del silo. Conociendo que los componentes más secos (grano) se encuentran en la parte superior de la planta, si el contenido de MS se encuentra elevado (mayor al 40%) sería conveniente disminuir la altura de picado. Por el contrario, si la determinación de la MS arroja valores inferiores al 33%, sería conveniente aumentar la altura de picado (De León, 2018).
 - b. Tamaño de picado. De León, et al. asegura que la clave en el tamaño de picado es que sea lo más homogéneo posible. En lo posible la longitud de picado será determinada utilizando el separador de partículas de Penn State. Hay 3 instancias en donde se puede evaluar el tamaño de picado. Primero durante el trabajo de la máquina. Segundo próximos a un trabajo de extracción y suministro. Por último, De León recomienda evaluar el tamaño de partículas de la dieta una vez conformada a partir de lo que suministra el mixer como ración.
 - i.

BANDEJA	GANADO LECHERO	GANADO DE CARNE
> 19mm	10-15%	3-8%
8 – 19mm	40-45%	40-50%
< 8%	40-45%	40-50%

Tabla 13 Valores aproximados que debemos encontrar en cada una de las bandejas, dependiendo el tipo de ganado al que será destinado el forraje (adaptado de CACF 2018).

2. **Compactación.** De León y Giménez (2018), coinciden en que el primer indicador del grado de compactación logrado es la densidad del silo obtenido. Una aproximación que se puede tener (en forma subjetiva y visual) es la conformación y estiramiento de la silo bolsa. Está tiene una serie de indicadores cada un metro, los cuales deben estar posicionados al costado de la bolsa para medir durante el proceso de confección el 10%

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

de estiramiento objetivo, para el cual está regulada la bolsa. La densidad promedio (considerando las diferencias entre estrato superior, medio e inferior) debe ser de 200kg MS/m³ como valor de referencia mínimo.

¿Porque la densidad es muy importante?

Porque está directamente relacionada a las pérdidas. En el siguiente gráfico, desarrollado a partir de un trabajo de la universidad de Pensilvania, se observa el patrón de perdidas (izquierda), como resultado de la relación entre el porcentaje de MS y la densidad en kg MS/m³.

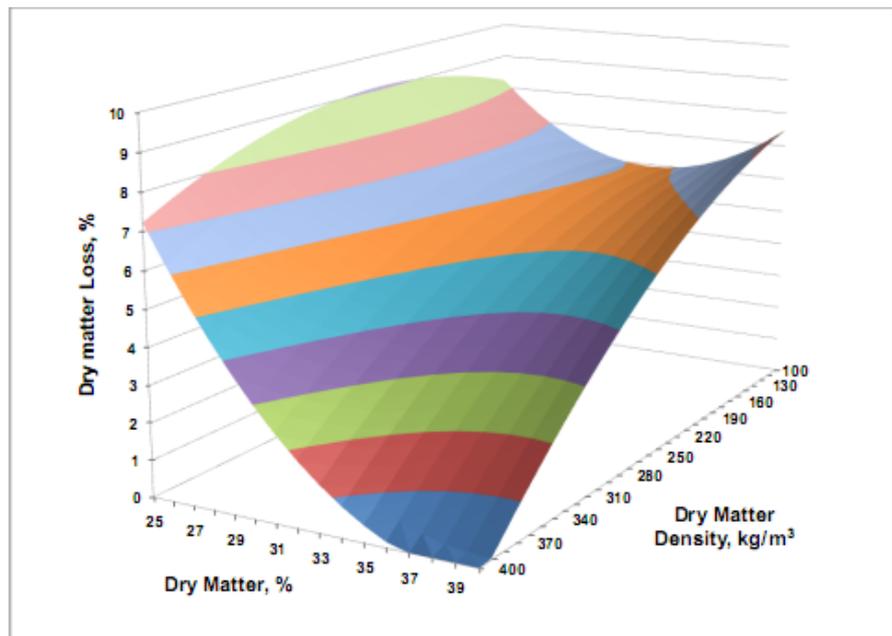


Figura 17 Representación gráfica de la densidad y el impacto de la variación de esta en pérdidas medidas en porcentaje de MS. K.E. Griswold et al PennState University, 2010.

3. **Procesado de grano.** El nivel de procesado de grano influye, no solo desde el punto de vista de una mejora en la eficiencia de uso ruminal, sino que también favorece la compactación de silaje. Por lo cual, se debería lograr que el 90% de los granos estén partidos en dos o más partes. A su vez, un factor que determina la pérdida de almidón en heces es el procesado del grano de los silajes. El almidón fecal está relacionado a la menor digestibilidad y una menor digestibilidad del almidón reduce la eficiencia de alimentación. A partir de 40% de MS en adelante es indispensable procesar el grano para no aumentar las pérdidas de grano en heces (De León 2020).
4. **Inoculación o aditivos.** Los aditivos para silaje se pueden clasificar o dividir en dos grupos (Bragachini et al 2018):
 - a. Estimulantes. Promueven el desarrollo de bacterias lácticas y la formación de este tipo de ácidos que disminuyen el pH.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

- b. Inhibidores. Retardan el proceso de degradación, actúan en forma selectiva sobre los procesos indeseables como sobre los microorganismos aeróbicos, impidiendo el desarrollo o la solubilización de proteínas.

Proceso de fermentación y estabilización del silaje

La conservación de forrajes, en la forma de silaje, es un compromiso entre la eficiencia de los requerimientos de trabajo y las pérdidas de campo versus las pérdidas en el proceso de fermentación. En este caso dejaremos de lado la fase de extracción y suministro, que será detallada en un capítulo destinado a tal fin.

De acuerdo con De León et al. (2018) para lograr alta calidad en los silajes, se deben considerar tres factores, previamente mencionados, que están íntimamente relacionados entre sí:

1. Momento óptimo de picado (independiente al proceso fermentativo y debe corresponder a factores nutricionales y de costos).
2. Tamaño y uniformidad de picado.
3. Contenido de humedad de la planta al momento del picado (relacionado con el primer apartado)

Una correcta fermentación depende de las decisiones y prácticas de manejo que se implementen antes y durante el proceso de ensilado.

Bragachini et al. (2018) sostiene que las prácticas de manejo factibles de ser controladas por el productor son:

- Estado de madurez del material
- Tipo de fermentación que ocurre dentro del silo
- Estructura del silo, método de almacenaje, velocidad de llenado y compactación.

Respiración

Existen organismos que en presencia de oxígeno (aeróbicos), consumen carbohidratos solubles que posteriormente no van a estar disponibles para el animal. Estos organismos incrementan su proporción en el material picado durante los primeros estadios de fermentación y por ende es vital eliminar rápidamente la mayor cantidad de aire posible, durante el proceso de llenado y compactado. (Bragachini et al. 2018).

Temperatura

El proceso de respiración se caracteriza por una producción de calor que, en condiciones normales, no debería exceder en más de 6°C la temperatura ambiente al momento del ensilado. Si las temperaturas superan este nivel, podría ser un indicador de una excesiva respiración, efecto indeseable, ya que favorece la proteólisis del forraje ensilado disminuyendo la proporción de N proteico y aumentando la formación de nitrógeno amoniacal (NH₃). Esto puede ser un impedimento para la síntesis ruminal del compuesto nitrogenado y/o consumo

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

energético excesivo para la síntesis de este compuesto nitrogenado (Bragachini et al. 2018).

Acidez

A medida que el oxígeno presente en el silo se consume, comienzan a multiplicarse a mayor ritmo organismos anaeróbicos productores en primera instancia de ácido acético provocando una disminución del pH y por ende un incremento de la acidez del silo. Al mismo tiempo, comienzan a multiplicarse las bacterias formadoras de ácido láctico, que son las que se pretenden que dominen el proceso fermentativo. Estas bacterias son las precursoras del brusco descenso del pH, logrando así la mejor conservación del forraje (Bragachini et al. 2018).

Proceso fermentativo

El proceso fermentativo puede tomar de 1 a 4 semanas dependiendo del cultivo, uso de aditivos inoculantes bacterianos y el proceso de confección de silaje. El objetivo se encuentra en promover la multiplicación de las bacterias formadoras de ácido láctico, ya que estas son las más eficientes al consumir solo 4% de carbohidratos solubles para la generación de un mol de ácido. Por el contrario, otros como el propiónico consumen alrededor del 38% o el butírico que se lleva el 24%, pero que está asociado a otros problemas nutricionales y metabólicos. El ácido láctico, también es el precursor del veloz descenso del pH, considerando que mientras más rápido se complete la fermentación, mayor cantidad de nutrientes se habrán conservado además optimizando la digestibilidad del forraje finalmente producido (Bragachini et al. 2018).

El proceso de fermentación se puede dividir en cinco fases:

Fase 1: Proceso de respiración

Comienza en el picado y continua hasta que el oxígeno es desplazado del silo en un periodo muy corto de tiempo luego de la compactación. No debe durar más de dos horas. Microorganismos aeróbicos como los hongos, levaduras y bacterias,

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

presentes en el forraje picado utilizan también los carbohidratos durante esta fase, como principal fuente de energía para la respiración (Bragachini et al. 2018).

Esta primera fase es indeseable y se debe tratar de que sea lo más corta posible (De León, 2018).

La fase 1 finaliza cuando el oxígeno ha sido eliminado en su totalidad de la masa del silo, y dado que está claro que es un proceso indeseable, debería durar el menor tiempo posible (De León, 2018).

Según De León, los factores clave para lograr este objetivo son:

- Contenido óptimo de humedad del cultivo: Entre 67 y 62%. Con este porcentaje de humedad se favorece la compactación y por consiguiente el proceso fermentativo.
- Uniformidad y longitud de picado: La uniformidad en el tamaño del picado favorece el acomodado y compactado del silo, acortando la fase aeróbica del mismo.
- Llenado rápido y compactación adecuada: Con el fin de sellar el silo lo más rápido posible y no permitir el intercambio gaseoso.
- Sellado y/o tapado del silo confeccionado: Para evitar la entrada de oxígeno en la superficie expuesta.

Fase 2: Fermentación anaeróbica de tipo acética

La duración no debe exceder de 49 a 72 horas. Se inhibe el desarrollo de microorganismos. En otras palabras, en esta fase el silo se acidifica (pH 5).

Esta fase inicia cuando casi la totalidad del oxígeno presente en el silo ha sido desplazada y comienza a aumentar la población de microorganismos anaeróbicos. Estos se alimentan los carbohidratos presentes en el forraje, convirtiéndolos en primer lugar en ácido acético y luego en láctico. La producción de ácidos provoca el descenso del pH del material ensilado, inhibiendo el desarrollo de otros microorganismos. Cuando el pH cae por debajo de 5, la población de las bacterias acéticas disminuye, ya que este nivel de acidez inhibe su crecimiento, dando la señal del fin de la fase 2 (Bragachini et al. 2018).

Según Bragachini, et.al, no conviene que esta fase del proceso de fermentación se prolongue, ya que las bacterias acetolíticas, consumen alrededor del 36% de hidratos de carbono para la producción de ácido. Por ende, si se prolonga demasiado esta fase se reduce el nivel energético de los silos producidos y por ende también disminuye la digestibilidad del material.

Fase 3: Etapa de transición

Comienza con el inicio de formación de ácido láctico y tiene una duración aproximada de 30 a 40 días de confeccionado el silo. Se denomina etapa de transición, ya que las bacterias acéticas dan lugar a las productoras de ácido láctico, las que aumentan su población a medida que disminuye el pH. La estabilización del silo producido comienza a determinarse cuando las bacterias

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

productoras de ácido láctico se hacen preponderantes y como resultado de ello el ácido láctico comienza a ser el mayoritario (Bragachini et al. 2018).

Bragachini et al, asegura que en silajes bien conservados, por lo menos el 70% de los ácidos presentes es el láctico, necesitando este tipo de bacterias de los azúcares para poder multiplicarse. Durante la fermentación, el contenido de los azúcares disminuye, llegando al extremo de que, si se agotan, el descenso del pH se detiene y puede llegar a no existir suficiente ácido que logre estabilizar el forraje. Cuando el silaje es consumido este ácido también será utilizado por el ganado como fuente energética. A nivel ruminal el ácido láctico pasará a propiónico y este a glucosa en sangre, aportando una interesante cantidad de energía al metabolismo del animal.

Fase 4: Silo estabilizado

Se define a un silo como estabilizado cuando este alcanza un pH que permite su conservación, momento en el cual se inhibe el crecimiento de todas las bacterias (pH 4).

La fase 4 es la más larga, ya que continúa hasta que el pH del forraje es lo suficientemente bajo como para inhibir el desarrollo de microorganismos no deseables (De León, 2018).

Como se describió anteriormente, la fermentación láctica no solo estabiliza el silo con el pH bajo, sino que es la fermentación más eficiente en el aprovechamiento de los azúcares disponibles en las células del forraje. El principal factor que afecta la calidad del silaje durante el almacenamiento es su apertura (entrada de oxígeno al silo), la cual incrementa el desarrollo de hongos y levaduras, que provocan el consumo de los ácidos, pérdidas de MS y calentamiento del material ensilado (Bragachini et al. 2018).

Fase 5: Procesos respiratorios y de degradación que ocurren durante la extracción y suministro del silo.

Esta fase comienza una vez que el silo es abierto y finaliza cuando todo el silaje fue consumido. Una vez que el silaje vuelve a entrar en contacto con el oxígeno, los hongos y levaduras comienzan a activarse convirtiendo el azúcar residual, los ácidos de la fermentación y otros nutrientes en dióxido de carbono, agua y calor (Bragachini et al. 2018).

Esta fase es importante, ya que las experiencias demuestran que cerca del 40% del total de pérdidas de la MS ocurren por descomposición aeróbica secundaria

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

durante la extracción y suministro del forraje conservado en forma de silo (De Leon, 2018).

Resumen de las fases de fermentación

En la siguiente síntesis, se pueden observar, los procesos químicos que ocurren en cada fase:

Fase 1: Proceso de respiración aeróbica. No debe durar más de 2 horas.

Fase 2: Fermentación anaeróbica de tipo acética. La duración no debe exceder de 48 a 72hs.

Fase 3: Etapa de transición. Inicio de formación de ácido láctico. Este periodo se prolonga hasta los 30 a 40 días de confeccionado el silo.

Fase 4: Incremento de la producción de ácido láctico y estabilización del silo. Esta fase dura hasta que se abra el silo para comenzar el suministro.

Fase 5: Respiración y oxidación secundaria por la apertura del silo. En esta fase ocurren los mayores porcentajes de pérdidas de todo el proceso, pudiendo llegar al 40%.

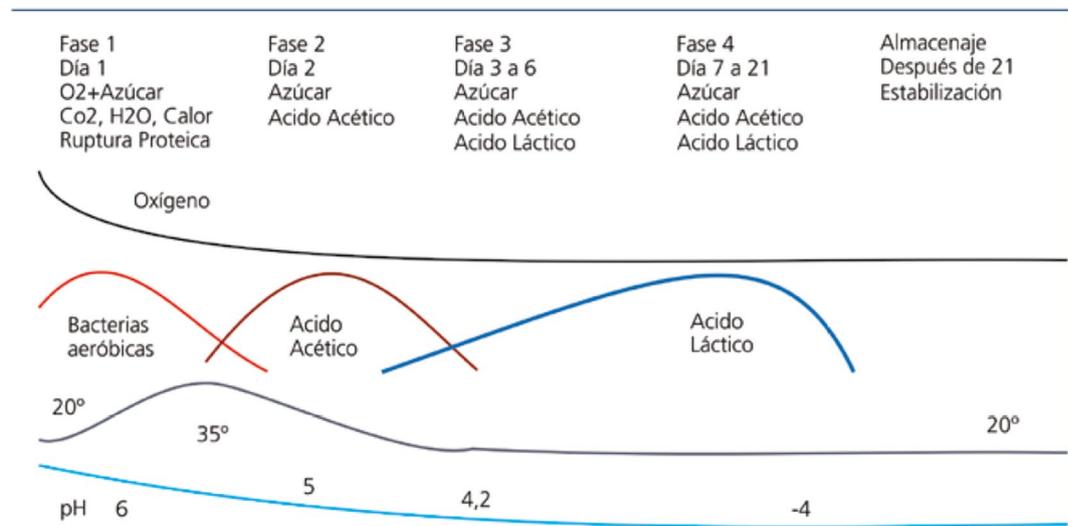


Figura 18 Resumen de fermentación y dinámica de los diferentes factores que determinan la calidad final del silajes.

Las pérdidas en los silajes

Independientemente del sistema de suministro a utilizar, existen pérdidas, algunas de ellas evitables y otras inevitables que están asociadas al uso de forrajeros conservados en la alimentación animal. Considerando que estas pérdidas están íntima e indirectamente relacionadas al sistema de suministro por auto consumo, se procede a describir brevemente estas para luego abordar en mayor detalle las pérdidas directamente relacionadas al sistema de autoconsumo empleado en este trabajo.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Bragachini et al. (2018), propone clasificar las mermas producidas durante el proceso de ensilaje en cuatro grupos principales:

- Pérdidas en el campo.
- Pérdidas por respiración (aeróbica).
- Pérdidas por fermentación (anaeróbicas).
- Pérdidas por efluentes.

Pérdidas en el campo.

Asociadas al tipo de maquinaria empleada y a la distancia entre la ubicación del embolsado y el cultivo.

Lo ideal es confeccionar el silo cerca del lugar donde se tiene previsto realizar el suministro, para disminuir los gastos operativos y de personal durante el aprovechamiento (Bragachini et al. 2018).

Pérdidas por respiración

Estas pérdidas, dependerán en forma directa de dos factores:

- Frecuencia de llenado, o sea de la capacidad de trabajo de las picadoras y la frecuencia con que se cubren las sucesivas capas de silo, compactado con nuevo material.
- Velocidad con que se elimine el oxígeno de la masa de este, mediante la compactación del material ensilado.

Una vez que el forraje llega al silo, debe ser descargado y compactado lo más rápido posible para extraer el oxígeno y promover la fermentación. Si el llenado se produce en forma discontinua, ocurrirán pérdidas relacionadas principalmente con la digestibilidad y el consumo potencial del silaje producido. (Bragachini et al. 2018).

Pérdidas por fermentación

Son pérdidas directamente relacionadas al método de conservación y que, si bien se pueden minimizar trabajando bajo ciertos indicadores, existe una mínima pérdida inevitable. Se producen por la actividad de microorganismos que se desarrollan en condiciones anaeróbicas, utilizando los azúcares simples del jugo celular y transformando estos en ácidos orgánicos logrando así la conservación del material.

La fermentación láctica es la más eficiente, ya que logra la acidez necesaria (pH 3,6- 3,9), con un mínimo de utilización de energía, quedando el resto disponible para ser aprovechado por el animal. La compactación, adecuada y rápida, mejora las condiciones fermentativas y por lo tanto favorece una rápida fermentación láctica

(Bragachini et al. 2018).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Existen condiciones, en las que los procesos fermentativos no son los descriptos comúnmente, derivando en fermentaciones de tipo butíricas ocasionadas por varios factores en los que se destacan los clostridios.

Clostridios

Los clostridios son promotores del ácido butírico y responsables de los silajes rancios, negros y de pH elevado. Incluso este tipo de fermentación puede provocar que los silajes sean tóxicos y causen enfermedades y hasta la muerte en los animales que los consumen (De León, 2018).

Las características más importantes de los silajes con clostridios según Bragachini et al. (2018) son:

- pH alrededor de 5.
- Mayor cantidad de ácido butírico que láctico.
- Fuerte olor rancio o ausencia de olor, ni siquiera a fermento.
- Color oscuro o negro.
- Pobre conservación del forraje.
- Elevadas pérdidas de MS en el silo.
- Bajo consumo de MS por parte del animal.
- Pobre utilización del nitrógeno por el rumiante.
- Disminución de la capacidad inmunológica de los animales alimentados.

Debido a que el *Clostridium* no tolera condiciones de baja humedad, su proliferación se ve favorecida con contenidos de humedad superiores al 30 % o en especies con una mala relación azúcar proteína como son los silajes de pasturas de alto contenido proteico.

También es menos resistente a pH bajos que las bacterias lácticas, por lo que se requiere un rápido incremento de la acidez para disminuir las pérdidas por fermentaciones butíricas (Bragachini et al. 2018).

Pérdidas por efluentes

Las pérdidas por efluentes están íntimamente relacionadas al contenido de humedad de la planta al momento del picado, así como del tamaño de picado y de la forma y estructura del silo. Estas pérdidas serán máximas cuando los niveles de MS del material ensilado no alcanzan el 30 %, como se detalló anteriormente. Otra desventaja en la pérdida de efluentes es, que son un excelente medio para el desarrollo de los microorganismos benéficos del silo como las bacterias, además que, al existir pérdida del contenido celular, se crean condiciones para la proliferación de hongos y levaduras que disminuyen la calidad del forraje (Bragachini et al. 2018).

Es importante que el material a ensilar posea al menos el 35 % de MS y en algunos casos más, como en los sorgos, considerando que si este porcentaje es menor se perderá por lixiviación una gran cantidad de nutrientes con un contenido estimado del 6 - 8 % de MS de alto valor nutritivo, como los azúcares más solubles (De León, 2018).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Según De León, cada una de estas pérdidas involucradas en el proceso de confección y conservación se pueden clasificar en **evitables e inevitables**, y al mismo tiempo considerar un nivel de pérdidas mínimo o aceptable.

Proceso	Nivel de pérdida (%)	Clasificación
Respiración Residual	1- 4	Inevitable
Fermentación	2-6	Inevitable
Efluentes	0-5	Evitable
Fermentación secundaria	0-5	Evitable
Deterioro aeróbico durante conservación	0-10	Evitable
Deterioro aeróbico durante extracción	0-10	Evitable

Tabla 14 Clasificación propuesta por De León 2020, en base a los niveles de pérdidas. Fuente: Programa de capacitación en nutrición animal.

Suministro en autoconsumo

La técnica de autoconsumo es una práctica cuya implementación ha ido creciendo a lo largo del tiempo, principalmente por la adopción de pequeños productores que, al no poseer elementos de extracción de silos, optaron por un sistema en el que los animales puedan acceder al alimento por sus propios medios. Como todo sistema de alimentación, hay que tener en cuenta varios detalles para minimizar las pérdidas, adecuando las estructuras a utilizar al tipo de hacienda, categoría y cantidad de animales (Opacak et al. 2018).

Cuando existen varios sitios de suministro, los silos bolsas por almacenar menor cantidad de forraje que los silos aéreos, brindan la posibilidad de lograr una mejor distribución espacial del forraje llegando muy cerca de los animales. Con estructuras de rejas en bolsas de 9 pies de diámetro, es posible alimentar entre 60 y 100 animales (novillitos de 250 kg) en cada frente que se utilice. El sistema de reja a utilizar para contener a los animales durante su alimentación debe tener la capacidad de resistir la acción de los animales y evitar la pérdida de alimento. Las estructuras de autoconsumo deben ser colocadas en los extremos de las bolsas. De esta manera la superficie expuesta de silaje es menor y se remueve rápidamente reduciendo las pérdidas por exposición aeróbica. Los laterales de las bolsas se deben proteger con un boyero eléctrico para evitar que los animales las rompan (Opacak et al. 2018).

Avance del frente

Se debe extraer de la cara expuesta del silo, entre 30 y 40cm diarios. Esto está determinado por la relación entre el consumo (en función de la cantidad y tipo de animales) y la disponibilidad de forraje por cada metro de frente (determinado por la densidad y el % de materia seca). (De León 2020).

Ventajas del sistema

- Baja inversión, principalmente en maquinaria de extracción y suministro y también en comederos
- Bajo requerimiento de mano de obra
- Menores gastos operativos
- Facilidad para montarlo en diferentes lugares del establecimiento.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Limitantes del sistema

- Dificultad para regular el consumo individual.
- Problemas de terreno frente a condiciones de alta humedad.
- Competencia entre animales por limitantes de acceso al frente.
- Niveles de pérdida.

Manejo del autoconsumo

La correcta elección del lugar donde se confeccionarán los silajes impacta directamente en las pérdidas potenciales, en la velocidad y comodidad con que se realizaran las labores de confección y utilización de estos y también en el confort de los animales, cuando los silajes se aprovechan en sistemas de autoconsumo. Elegir lugares más altos del establecimiento, en lo posible, sobre suelos firmes con leve pendiente para favorecer el escurrimiento y evitar la acumulación de agua en torno a los silajes. Preferentemente lugares abiertos que permitan la libre circulación de la maquinaria, de los animales y alejados de cortinas de árboles para evitar que su caída o el desprendimiento de ramas produzcan la rotura de la bolsa o de la cubierta plástica utilizada para tapar los silos aéreos. Considerando que los animales deben permanecer prácticamente todo el día en una ensenada construida en torno al silo, requiere un permanente monitoreo y control a los fines de evitar que los mismos sobrepasen las barreras de contención y produzcan roturas de las estructuras de almacenamiento (Opacak et al. 2018).

Pautas de manejo

1. **Tiempo de permanencia de los animales.** Tiempo necesario para que todos los animales puedan consumir el silaje requerido. (De León, et al 2020).

Evaluación de la performance animal a lo largo del proceso de suministro

Elementos de seguimiento o verificación: Utilizando caravanas (o cualquier otro elemento marcador) se proceden a marcar el 10% de los animales a los cuales una vez por mes, se separan del resto para pesar y verificar la evolución de su ganancia de peso. Este elemento verificador es esencial para la toma de decisiones a lo largo del proceso de suministro (De León, et al 2020).

Cantidad de animales

El INTA ha verificado que en sistemas de recría en donde se observa en promedio un consumo voluntario de silo de sorgo de aproximadamente entre 5 – 7 kg de MS por animal por día en bolsas de 9 o 10 pies se observa un correcto avance de frente con 100 animales por boca. En el caso de que el manejo implique más de una categoría animal, una alternativa consta en abrir los dos extremos de la bolsa y ubicar una categoría en cada lado (De León, et al 2020).

2. **Elección de la estructura de contención y avance.** Esta estructura tiene como objetivo que los animales no ingresen y deterioren el frente. Las

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

estructuras de contención para el suministro son varias y abundan diferentes modelos en el país, entre ellas con limitadores verticales u horizontales, con o sin regulación de altura (para adecuar categorías) y de acceso frontal o frontal y lateral (De León 2020).

3. **Elección del frente de ataque.** Los animales deben acceder al silaje por la cara con menor superficie expuesta. En el caso de los silos bolsa, esto es por sus extremos (De León 2020).
4. **Asegurar la permanente disponibilidad de silaje.** Se debe tener la precaución de mantener la estructura de contención, cualquiera sea la utilizada, lo más próxima al silaje posible para que dicha estructura no se transforme en un obstáculo que impida a los animales acceder al alimento. (De León 2020).
5. **Protección del resto de la/s bolsas.** Para evitar que los animales puedan romperlas. Lo comúnmente utilizado son dos hilos de boyero eléctrico a lo largo de toda la bolsa (De León 2020).
6. **Balancear el silaje con pasturas o concentrados proteicos.** los silajes de sorgo son deficitarios en proteína, por ende, es necesario realizar una corrección proteica de la dieta ofrecida para cubrir los requerimientos de los animales. De Leon et al, propone cuatro alternativas:
 - a. Pastoreo horario de verdeos con niveles de proteínas suficientes para cubrir dicho requerimiento.
 - b. Suministro de concentrado proteico en comedero dentro de la misma ensenada. Es necesario tener el recaudo de disponer de un frente de comedero lo suficiente amplio (50 cm/cab.) para que todos los animales puedan acceder simultáneamente al concentrado, cuando se lo suministra.

¿Qué se necesita saber para un correcto suministro?

Cantidad de forraje almacenado.

Para ello multiplicar:

- Cantidad total de m³ de silo
- Densidad (Kg.MS/m³)

Determinación del consumo de MS de silaje

A continuación, se presenta la manera de calcular el número de vacas a alimentar por día o la cantidad teórica de silaje diario consumido por animal. Hay que considerar que la siguiente fórmula no expresa el consumo potencial de los animales, ya que no toma en cuenta la capacidad de ingestión de la categoría en cuestión ni el grado de ingestibilidad del alimento ofrecido.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Ecuación 1 Cálculo del consumo de MS de silaje/vaca (kg/día). (adaptado de Bragachini et al.)

$$\text{Consumo de MS de silaje/vaca (kg/día)} = \frac{\text{Ancho del silo X Altura del silo X m/día de alimento}}{\text{N° de vacas}} \times \text{Densidad MS}$$

Calidad del forraje almacenado.

Muestrear una vez el forraje este estabilizado en su proceso fermentativo (a partir de los 30 días). Si se almacenará por más tiempo volver a muestrear previo a su suministro (De León 2020).

Qué factores de calidad se deben conocer: PB, FDN, FDA, Lignina, Digestibilidad, CE, N-NH₃, NIDA, pH, estado del grano y tamaño de picado.

Método para calcular las pérdidas durante el suministro en autoconsumo

El manejo del avance del frente y como se implementa este va a definir si las pérdidas son mínimas o excesivas (De León, 2018).

Verificar pérdidas físicas (frente de extracción) y químicas durante el avance de la reja.

Definir una superficie (A) alrededor del frente de acceso al autoconsumo, en la que el evaluador considera que se distribuyen las pérdidas de silaje.

Dentro de esa superficie y utilizando un aro de ¼ m², tomar al azar 4 muestras del silaje desperdiciado (ver fig. 25). Pesar en fresco el silaje recolectado, tomar una submuestra y pesarla en fresco y en seco luego de colocarla en estufa a 100 °C hasta peso constante.

Finalmente calcular el % MS mediante la relación entre ambos pesos de la muestra y afectarlo al peso fresco de la muestra inicial para obtener los kg MS de silaje desperdiciados/m². El evaluador deberá definir una nueva superficie (B) que tendrá el mismo ancho de la superficie (A) y un largo (C) equivalente al avance del autoconsumo durante el tiempo (D) transcurrido entre dos pesadas sucesivas de los animales.

El desperdicio diario de silaje (kg MS) será igual a:

[kg MS de silaje desperdiciados/m² * superficie (B)] / tiempo (D)

De esta manera, es posible estimar las pérdidas de cada intervalo de tiempo y también la total como la sumatoria de las pérdidas parciales (De León, 2020).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

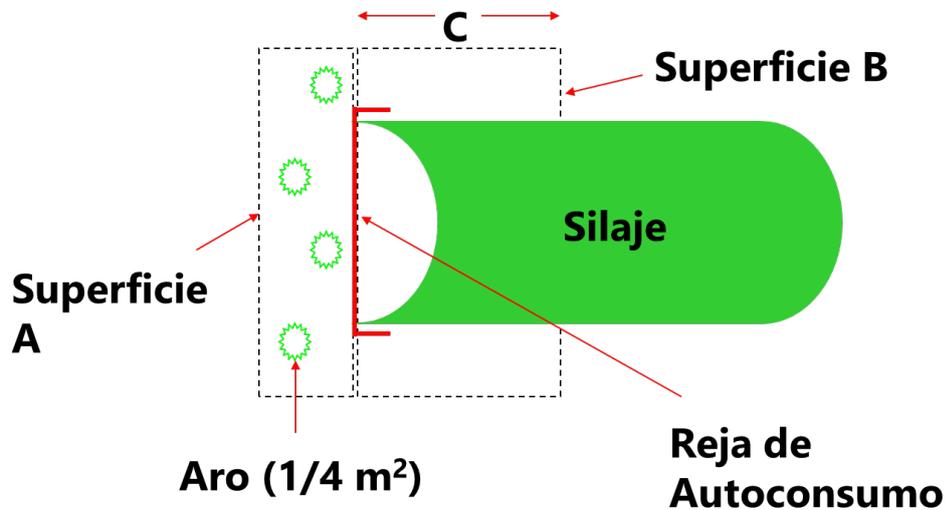


Figura 19 Representación gráfica de la técnica utilizando por el INTA Manfredi para la estimación de pérdidas durante el proceso de suministro. Fuente: Programa de capacitación en nutrición animal de Advanta (2020).

De León et al. (2020) propone un rango de pérdidas totales y clasifica a estas en excelente, muy buenas y malas, asegurando que gran parte de estas son factibles de evitar bajo una correcta planificación del momento de picado que contemple contenidos de materia seca del cultivo entre el 33% y 38%.

Respuesta animal obtenida.

Ganancia diaria de peso vivo: registrar el peso vivo sin desbaste de todos los animales, tanto al inicio como al final del periodo de utilización del autoconsumo. El seguimiento de la evolución de peso se realiza sobre una muestra correspondiente al 20% del total de los animales y representativa de la variabilidad de peso vivo existente en el rodeo, que se pesan sin desbaste previo cada 30 días a partir del inicio del ensayo. El aumento diario de peso vivo de todo el periodo se determina por diferencia de peso entre la pesada inicial y final de cada uno de los animales (Gimenez, R. et al. 2020).

Consumo: medir el avance (m/día) de la estructura de autoconsumo durante el periodo transcurrido entre dos pesadas sucesivas de los animales y con la superficie de la cara expuesta del silaje en m² calcular el volumen de silaje consumido diariamente en ese periodo. Conociendo la densidad del silaje (kg MS/m³), transformar dicho volumen en kg MS. El consumo real de silaje (kg MS/an/día) durante cada periodo de medición es igual a:

[Consumo teórico de silaje (kg MS/día) - Pérdidas de silaje (kg MS/día)] / cantidad de animales

Sumar la cantidad consumida de otros alimentos (kg MS/an/día) para obtener el consumo total (kg MS/an/día). Con la relación entre el consumo (kg MS/an/día) y el peso vivo de los animales se calcula el consumo diario de cada animal (% Peso Vivo) Finalmente, el consumo de los animales (kg MS/an/día y en % PV) durante todo el periodo de utilización del autoconsumo será igual al promedio de los consumos obtenidos en cada intervalo de tiempo (De León, et al. 2020).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Eficiencia de conversión de alimento (kg MS/kg carne producido): se calcula como la relación entre el consumo (kg MS/an/día) y la ganancia diaria de peso vivo (kg/an) obtenidos entre dos pesadas sucesivas de los animales. El promedio de las eficiencias parciales determinará la eficiencia de conversión final del sistema evaluado (De León, et al. 2020).

Resultados

Momento de picado y confección

El día 13 de marzo de 2019, en un estado del cultivo cercano a grano lechoso, se procedió a muestrear 12 plantas al azar de cada lote con el fin de evaluar porcentaje de materia seca y así planificar el momento óptimo para su picado. Los resultados de materia seca fueron de 33% para el híbrido VDH 422 y del 35,2% para el ADV 1350 IG.

El día 6 de abril, al momento de picado, los híbridos VDH 422 y ADV 1350 IG presentaron un rendimiento de 17.149 y 12.561 kg MS/ha respectivamente.



Figura 26. Imagen satelital del lote 4. Obsérvese la ensenada donde se instaló el autoconsumo junto con las dos bolsas; una de VDH 422 y la otra de ADV 1350 IG.

Cada material se embolsó por separado en bolsas de 10 pies de diámetro, lográndose un largo total de 171 metros lineales de bolsa (96 m del híbrido VDH 422 y 75 m de ADV 1350 IG). Estabilizado el proceso fermentativo, se realizó un muestro de cada material para determinar su calidad nutricional (tabla 18).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Tabla 15. Parámetros nutricionales de los silajes de sorgo confeccionados

Híbrido	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Dig. (%)	CE (Mcal EM/kg MS)
VDH 422	7,63	44,22	25,90	69,85	2,51
ADV 1350 IG	7,85	39,18	21,73	72,85	2,62

Con el fin de conocer la cantidad total de silaje disponible, se realizaron dos muestreos de la densidad lograda (kg MV/m³ y kg MS/m³) para cada material ensilado.

Respecto al material VDH 422, el primer muestreo se realizó el día 17 de septiembre de 2019 registrándose una densidad de 612,92 kg MV/m³ y de 241,47 kg MS/m³ mientras que en el muestreo realizado el día 20 de diciembre de 2019, la densidad fue de 563,08 kg MV/m³ y de 226,33 kg MS/m³ arrojando así, un promedio general de 588,00 kg MV/m³ y de 233,90 kg MS/m³. En función de esta información, se calculó que la cantidad de silaje de sorgo VDH 422 almacenado fue de 163.919 kg MS total.

Tabla 19 Resumen de la densidad obtenida para cada híbrido.

Híbrido	Densidad 1 (Kg.MV/m ³)	Densidad 1 ((Kg.MS/m ³))	Densidad 2 (Kg.MV/m ³)	Densidad 2 (Kg.MS/m ³)	Promedio (Kg.MV/m ³)	Promedio (Kg.MS/m ³)	Total almacenado (Kg.MS)
VDH 422	613	241	563	226	588	234	163.919
ADV 1350 IG	565	212	599	227	582	219	120.134

En cuanto al híbrido ADV 1350 IG, el primer muestreo se realizó el día 10 de febrero de 2020 alcanzándose una densidad de 565,41 kg MV/m³ y de 212,17 kg MS/m³, mientras que el segundo muestreo realizado el 22 de abril de 2020 se logró una densidad de 598,70 kg MV/m³ y de 226,67 kg MS/m³. Con una densidad promedio de 582,06 kg MV/m³ y de 219,42 kg MS/m³, la cantidad de silaje de sorgo ADV 1350 IG almacenado en los 75 m de bolsa fue de 120134 kg MS total.

Suministro y utilización

El periodo de recría tuvo una duración de 6 meses (agosto a enero inclusive) en el cual se consumió la totalidad del ensilaje logrado, iniciando así la etapa de terminación (sorgo ADV 1350 IG).

El silaje de sorgo ADV 1350 IG destinado para la terminación, comenzó a utilizarse en autoconsumo el día 1 de febrero de 2020 (cuando los animales ya pesaban 330 kg aproximadamente y tenían 14 meses de edad) suministrándose a voluntad + 1 kg MF/an/día de harina de soja hasta finalizada la venta de los novillos en mayo de 2020. Durante esta etapa de terminación se consumieron un total de 80089 kg MS (50 m de bolsa) de los 120134 kg MS logrados (75 m de bolsa).

El periodo experimental tuvo una duración total de 305 días, tiempo en el cual se registró el avance diario de la reja de autoconsumo sobre el material embolsado obteniendo un valor promedio de 47,87 cm/día con un máximo de 75,00 y un mínimo de 13,75 cm diarios. El valor más frecuente (moda) del avance diario de la reja de autoconsumo en todo el periodo de evaluación fue de 50,00 cm.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Performance animal

Durante la recría, la ganancia diaria de peso vivo promedio fue de 895 g/an. En cuanto a la etapa de terminación, pese a la alta calidad que presentó el material ADV 1350 IG (72,85% de digestibilidad), las ganancias de peso diarias obtenidas promediaron los 0,42 kg/an siendo inferiores a las esperadas para esta etapa.

Durante el ciclo productivo, la eficiencia de consumo de los silajes fue muy alta. Las escasas pérdidas ocurridas debieron estimarse por apreciación visual ya que no pudieron ser registradas mediante la recolección del forraje desperdiciado (figura 27).



Figura 27. Pérdidas en cantidad ocurridas durante el consumo de silaje mediante la modalidad de autoconsumo.

Sistema

Las ventas de los novillos terminados se realizaron entre abril y mayo de 2020 según el detalle que se presenta en la tabla 19.

Tabla 16 Distribución de la cantidad de animales y kg de peso vivo vendidos

Fecha	Cantidad Animales	kg totales (sin desb.)
7-abr	15	6005
23-abr	13	5965
30-abr	20	8400
19-may	16	6575
27-may	29	11575
	93	38520

Simulación

A continuación, con el objetivo de cuantificar los factores determinantes del resultado productivo del presente trabajo y que constituyen parte de los indicadores del proceso de transformación del cultivo en carne vacuna, se propone analizar el impacto de diez alternativas productivas provenientes de cuatro fuentes de variación, utilizando el software "Silajes Pro" desarrollado por la Universidad de Córdoba en conjunto con el INTA Manfredi.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Las fuentes de variación consideradas para la simulación de las distintas alternativas fueron:

- El rendimiento del cultivo de sorgo para silaje.
- El aporte de proteína a la dieta.
- La calidad del silaje y la dieta para alcanzar la ganancia de peso objetivo.
- El nivel de pérdidas durante el proceso de producción y utilización del silaje.

Es importante remarcar que para poder llevar a cabo dichas simulaciones se fijó en todos los casos una diferencia del 10% entre la compra y venta de animales, en otras palabras, una relación compra/venta de 1,1. Además, se contemplaron solamente los costos totales de alimentación a fin de calcular los resultados de margen bruto/ha de silaje producido. Dichos costos totales, incluyen el costo del cultivo, la confección del silaje, el proceso de alimentación y los alimentos complementarios de las dietas consideradas. Por lo tanto, no están considerados otros costos directos como sanidad y mano de obra.

Por otro lado, para llevar a cabo las correspondientes comparaciones entre los resultados realmente obtenidos y los simulados, se promediaron los resultados obtenidos en las diferentes etapas de recría y terminación.

1er fuente de variación: Alternancias en el rendimiento obtenido.

Con el fin de comprender como podrían impactar diferentes rendimientos sobre el margen bruto, en la tabla 20, se presentan cuatro niveles de rendimiento de los silajes, utilizados en autoconsumo, en conjunto con pastoreo horario de verdes como aporte de proteína a la dieta y con 5% de pérdidas en el proceso. El rendimiento clasificado como “muy bueno” corresponde al obtenido en el presente trabajo (17.149 kg.MS/ha) a partir del híbrido VDH 422 y utilizado durante la etapa de recría.

Tabla 17 Resultados productivos y económicos de la utilización de silajes de sorgo con distintos rendimientos para la recría de terneros.

Alternativa	Clasificación del rendimiento	Rendimiento (kg.MV/ha)	% de MS	Rendimiento (Kg.MS/ha)	Costo (\$/kg.MS)	Costo dieta (\$/an/día)	Carga animal (cab/ha)	Costo kg de carne producido (\$)	kg de carne producidos (kg/ha)	Resultado económico (\$/ha)
1	Bajo	20.000	33	6.600	14,55	102,54	5,2	114,57	843	37.413
2	Regular	30.000	33	9.900	9,7	68,57	7,9	76,62	1.265	104.119
3	Bueno	37.000	33	12.210	7,86	55,72	9,7	62,26	1.560	150.813
4	Muy bueno	51.966	33	17.149	5,60	39,85	13,6	44,53	2.191	250.646
5	Excelente	60.000	33	19.800	4,85	34,60	15,7	38,66	2.529	304.238

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Se observan las variaciones entorno al $\pm 67\%$ en el costo del kg de MS entre el mayor costo (14,55 \$/kg.MS) para el rendimiento considerado más bajo (6.600 kg.MS/ha) y el menor costo (4,85 \$/kg.MS) para el rendimiento considerado más alto (19.800 kg.MS/ha), con sus correspondientes diferencias en los kg de carne producidos.

Alternativas en el aporte proteico y su impacto sobre el resultado final

Por otro lado, en la tabla 21 se presenta el resultado del rendimiento obtenido en el presente trabajo clasificado como “muy bueno” (17.149 kg MS/ha) del silaje de sorgo VDH 422, pero en cambio de realizar un pastoreo horario de verdeo se simula la utilización de grano de soja como aporte proteico a la dieta suministrado con mixer. Se puede observar un cambio significativo en el costo de producción y una reducción del 35% en el resultado económico como consecuencia de un mayor costo de alimentación.

Tabla 18 Resultados productivos y económicos de la utilización de silajes con distintas formas de aportes de proteína en las dietas.

Alternativa	Aporte proteico	Clasificación del rendimiento	Rendimiento (kg.MV/ha)	% de MS	Rendimiento (Kg.MS/ha)	Costo (\$/kg.MS)	Costo dieta (\$/an/día)	Carga animal (cab/ha)	Costo kg de carne producido (\$)	kg de carne producidos (kg/ha)	Resultado económico (\$/ha)
6	Verdeo	Muy bueno	51.966	33	17.149	5,60	39,85	13,6	44,53	2.191	250.646
6	Soja	Muy bueno	51.966	33	17.149	5,60	70	13,7	78,21	2.205	160.760

Variaciones en la calidad del silaje obtenido y su impacto sobre el resultado final

En línea con el análisis, en la tabla 22, se presenta el resultado de un silaje de buen rendimiento, pero con una baja calidad (55% de digestibilidad) menor al requerimiento para la ganancia de peso objetivo (64% de digestibilidad). Como respuesta ante la baja digestibilidad del silaje obtenido se simula la incorporación de grano en la dieta. Esta decisión incrementa los costos de la carne producida y por lo tanto disminuye el margen bruto, respecto al silaje de buena calidad.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Tabla 19 Resultados productivos y económicos de la utilización de silajes de sorgo de distintas calidades

Alternativa	Clasificación del rendimiento	Rendimiento (kg.MV/ha)	% de MS	Rendimiento (Kg.MS/ha)	Costo (\$/kg.MS)	Costo dieta (\$/an/día)	Carga animal (cab/ha)	Costo kg de carne producido (\$)	kg de carne producidos (kg/ha)	Resultado económico (\$/ha)
7	Muy bueno	51.966	33	17.149	5,60	87	13,6	97,23	3.680	227.105

Potenciales pérdidas y su impacto sobre el resultado obtenido

Por último, se consideraron situaciones de buen rendimiento, con niveles de pérdidas de hasta 30%, frecuentes en el proceso de producción, extracción y suministro. Estas condiciones, no sólo afectan los costos del silaje, sino también, implican menos producción de carne y, por lo tanto, resultados económicos que, en el peor de los casos (rendimiento “regular”), llegan a tornarse negativos. Los resultados se presentan en la tabla 23.

Tabla 20 Resultados productivos y económicos de la utilización de silajes de buen rendimiento, buena calidad con altos niveles de pérdidas.

Alternativa	Nivel de pérdida (%)	Clasificación del rendimiento	Rendimiento (kg.MV/ha)	% de MS	Rendimiento (Kg.MS/ha)	Costo silaje disponible (\$/kg.MS)	Costo dieta (\$/an/día)	Carga animal (cab/ha)	Costo kg de carne producido (\$)	kg de carne producidos (kg/ha)	Resultado económico (\$/ha)
8	15	Muy bueno	51.966	33	17.149	6,59	44,47	12,2	49,69	1.960	214.157
9	30	Muy bueno	51.966	33	17.149	8	53,86	10	60,18	1.614	159.423
10	30	Bajo	20.000	33	6.600	22,38	149	3,6	167	577	-4.718

Estos resultados reflejan el impacto que tienen las decisiones y planificaciones que se realicen, sobre el resultado final del proceso de producción y utilización de silajes en la producción de carne. Para ello, resulta imprescindible poder generar, usar y analizar más información en cada sistema.

El primer paso hacia un mayor aprovechamiento del alimento producido pasa por conocer las potenciales pérdidas involucradas en cada proceso, para luego cuantificarlas. Por otro lado, es imprescindible diagnosticar y detectar los factores que permiten mejorar los resultados y por último planificar todas las estrategias para desarrollar un proceso de mejora y poder llegar así a la mayor rentabilidad posible (De León, 2020).

Discusión y conclusión

Las GDPV (ganancias de peso vivo) obtenidas en la etapa de recría del ensayo (895 g/an) validan el potencial del silaje de sorgo en autoconsumo y lo ubican como una estrategia sumamente atractiva a la hora de criar terneros y lograr ganancias acordes a ésta categoría, sin sobre engrasarlo. Estas importantes ganancias de peso seguramente respondieron a la alta calidad del material ensilado y al adecuado procesamiento del grano durante el picado.

Las bajas ganancias diarias de peso vivo obtenidas con el silaje de terminación (420 g/an) en relación con los 895 g/an alcanzados con el silaje de recría dieron como resultado un elevado coeficiente de variación (CV) de la ganancia de peso de 31,7%.

Estas bajas ganancias de peso vivo obtenidas durante la etapa de terminación se podrían explicar por un insuficiente procesamiento del grano al momento del picado. Con un largo teórico de picado de 18 mm y los rodillos procesadores cerrados hasta lograr una luz de 1 mm entre ellos, el procesado del grano no fue suficiente, de manera tal que condicionó su aprovechamiento a nivel ruminal, a pesar de contar con una buena digestibilidad (72,85%). Un claro indicador de este menor aprovechamiento del alimento consumido fue una importante cantidad de grano presente en heces. Esto, sumado a los altos requerimientos de los animales en terminación, probablemente expliquen la situación observada.

En función de los 244.008 kg.MS total de silaje consumido, de la duración del ciclo productivo y de la cantidad de animales, se estimó un consumo diario de 8,6 kg MS/an que representan el 2,77% del peso vivo promedio alcanzado por los animales en todo el periodo.

La producción de carne en el ciclo fue de 189 kg/an lo que equivale a 17.569 kg totales. Al comparar estos resultados con los obtenidos en el año 2019 en la EEA Manfredi con relación a la utilización de silajes de sorgo en autoconsumo (ver anexo 2), observamos un diferencial de 65 kg/an y de 5.535 kg totales a favor de los resultados obtenidos en el presente trabajo. Este diferencial se podría explicar por el mayor consumo logrado en el presente trabajo (8,6 kg.MS/an/día) respecto al logrado en el año 2019 donde el consumo diario por animal fue de 4,93 kg.MS. Profundizando aún más, el menor consumo obtenido en el 2019, respecto al presente trabajo, se podría justificar por una menor calidad del silaje obtenido del híbrido VDH 422 que para el parámetro FDN resultó en 58,63%. Esta justificación evidencia el impacto de la calidad de la fibra en la performance animal y más específicamente ejemplifica como el contenido de FDN de las dietas o forrajes se correlaciona en forma negativa con el consumo de alimento.

Por otro lado, en función de la superficie efectivamente utilizadas como silaje (17 ha), la productividad del sistema fue de 1033 kg de carne/ha. Resultado algo menor al compararlo con la productividad lograda en el año 2019 que arrojó un total de 1203 kg de carne por hectárea. Esta menor productividad se podría explicar por la baja ganancia de peso obtenida durante la etapa de terminación que a su vez podría no compensar el aumento en la superficie empleada (20ha.) respecto a la superficie empleada en el año 2019 (10ha.).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Es importante destacar que la correcta elección del híbrido y biotipo a utilizar para la confección de silajes, según los objetivos del sistema de producción y las prácticas agronómicas que aseguren un alto rendimiento, son los primeros aspectos que definirán la calidad de este y el resultado final.

En el caso puntual del híbrido VDH 422 empleado en la etapa de recría ha demostrado, una vez más, lograr producir un excelente volumen de materia seca y una calidad de fibra acorde a los requerimientos de la categoría animal en cuestión. Como se explicó anteriormente la proporción de grano respecto al tallo, o la relación grano/tallo es un primer indicador de la calidad potencial y por ende el principal criterio a considerar a la hora de seleccionar un híbrido con destino silaje de planta entera. Trabajos anteriores realizados por el INTA Manfredi entorno a la utilización de silajes obtenidos a partir del híbrido VDH 422 (ver anexo 3), han comprobado la alta participación relativa del componente grano dentro de la biomasa total con valores cercanos al 45% en siembras tempranas e incluso al 48% en siembras tardías. Otro aspecto no menor, es la baja tasa de desecación que presenta el híbrido logrando de esta manera ampliar la ventana óptima de picado (33%-38% de MS). Evaluaciones anteriores llevadas a cabo en Manfredi por el INTA han arrojado tasas de desecación en torno a 0.15 puntos de MS por día (ver anexo 3). La determinación del momento óptimo de picado utilizando las tasas de desecación específica para cada tipo de material, se vuelve una herramienta de alto impacto ya que permitirá programar con anticipación las actividades relacionadas al proceso de confección de los silajes y de esa manera, ejecutarlas más eficientemente.

Respecto al híbrido ADV 1350 IG empleado en la etapa de terminación, si bien la respuesta animal en lo que hace a la ganancia diaria obtenida fuera relativamente baja, la calidad obtenida en dicho silaje en comparación a la obtenida con VDH 422 fue superior para todos los parámetros. En trabajos anteriores realizados en el INTA Manfredi (ver anexo 3) este híbrido ha alcanzado una participación del componente grano dentro de la biomasa total entorno al 52% lo que evidencia su potencial para producir grano y adecuarse a categorías con altos requerimientos energéticos. Al ser un híbrido mejorado y seleccionado por su potencial de rendimiento en grano y no presentar carácter braquítico, era de esperar que la productividad obtenida de dicho híbrido (12.561 kg.MS/ha) fuese menor al compararla con la obtenida a partir del híbrido VDH 422 (17.149 kg MS/ha).

Al seleccionar biotipos graníferos y doble propósito para la confección de silajes, se asegura una significativa participación de grano dentro de la biomasa total. El componente grano dentro de esta, juega un rol fundamental en el aporte energético de la dieta animal, indispensable para cubrir los requerimientos y los objetivos de ADPV de animales en etapas de recría y terminación.

En cuanto a lo que refiere al sorgo, queda evidenciado el potencial productivo de este cultivo bajo las condiciones ambientales en donde se situó el ensayo, pudiéndose de esta manera obtener elevadas respuestas en la performance animal, con la ventaja de incurrir en menores costos por hectárea en comparación al maíz y contar con una rusticidad superior.

Por otro lado, la excelente calidad del silaje de sorgo obtenido en este ensayo y medida a través de parámetros como la digestibilidad, FDN, FDA, entre otros, son un claro reflejo del potencial productivo de este cultivo, comparable a los

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

alcanzados con maíz, y que se traducen a un mejor aprovechamiento y respuesta por parte del animal.

Además, se logró validar el sistema de autoconsumo como alternativa viable en planteos ganaderos de recría y terminación. Este tipo de suministro surge como una alternativa muy rentable ya que involucra un menor costo de alimentación (al compararlo con el suministro con mixer), al no requerir inversiones en corrales, comederos y maquinaria. A su vez, es importante conocer la limitante que presenta este sistema que se basa en la imposibilidad de restringir el consumo de los animales.

Los 25 indicadores propuestos por De León surgen como una herramienta para el monitoreo y la cuantificación de las pérdidas involucradas en la transformación del cultivo en carne y/o leche. La prevención o corrección de pérdidas durante el proceso de confección y utilización de los silajes permitirá mejorar la eficiencia y el resultado productivo y económico de la empresa.

Con el desarrollo del presente trabajo final, se logró alcanzar los objetivos planteados en torno a la validación y diseño de un sistema para la recría y terminación de novillos con dietas basadas en silajes de sorgo en autoconsumo. Así mismo, con el fin de estructurar el presente trabajo se logró dividir el proceso de transformación de un cultivo en carne alcanzando de esta manera resumir las variables relacionadas a las características del cultivo, del proceso de confección del silaje, la alimentación, los animales y el sistema utilizado en cuanto a su efecto sobre los resultados obtenidos.

Anexo

1. Protocolo de seguimiento y evaluación de autoconsumo de silaje

Ing. Agr. Rubén Giménez y Marcelo De León
Área de Producción Animal
INTA – EEA Manfredi

Ubicación del sistema

- Provincia
- Localidad
- Establecimiento
- Latitud
- Longitud

Condiciones climática imperantes durante la utilización del sistema

- Temperaturas diarias medias, máximas y mínimas
- Precipitaciones: cantidad de días, mm diarios, mm mensuales y mm de todo el período de aplicación del sistema.

Caracterización inicial del silaje utilizado

- Cultivo
- Variedad
- Tipo de silaje confeccionado
- Estado del grano al momento de picado

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

- MS (%)
- PB (%)
- FDN (%)
- FDA (%)
- Lignina (%)
- Digestibilidad (%)
- CE (Mcal EM/kg MS)
- N-NH3
- NIDA
- Otros

Caracterización inicial de los animales utilizados

- Especie
- Raza
- Categoría
- Edad
- Peso
- Cantidad
- Ganancia diaria de peso vivo esperada (kg/an)
- Otros

Caracterización del sistema de autoconsumo utilizado

- Fecha de inicio
- Fecha de finalización
- Días de duración
- Fotografía del sistema de autoconsumo utilizado
- Topografía del lugar donde se ubica el autoconsumo
- Tiempo de permanencia de los animales en el autoconsumo (h/día)
- Longitud total de acceso al autoconsumo (m)
- En caso de suministrar otros alimentos además del silaje, complete la siguiente planilla:

Alimentos	Consumo (Kg MS/an/día)	Suministro del alimento	
		Fecha de inicio	Fecha de finalización

- Describa en la siguiente planilla la calidad de cada uno de los alimentos suministrados durante el periodo de utilización del autoconsumo:

Alimentos	MS (%)	PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Lignina (%)	Dig. (%)	CE (Mcal EM/Kg MS)

Parámetros a evaluar:

- Calidad nutritiva y fermentativa del silaje
 - Densidad (kg MF y MS/m³ de silaje)

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

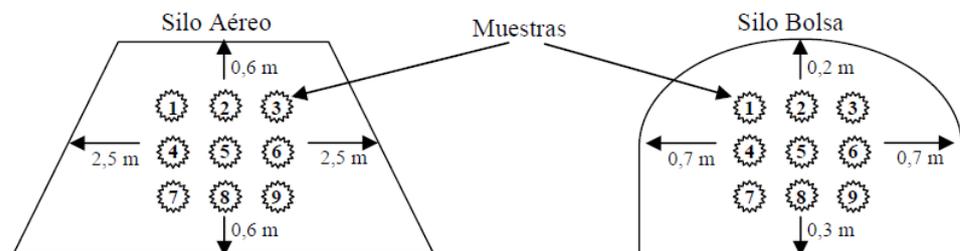
- PH
- Calidad: MS (%), PB (%), FDN (%), FDA (%), Lignina (%), Digestibilidad (%), CE (Mcal EM/kg MS), N-NH₃, NIDA y otros.
- Tamaño de picado (% de cada longitud)
- Pérdidas de silaje (kg MS/día)
- Respuesta Animal
 - Ganancia diaria de peso vivo (g/an)
 - Consumo (kg MS/an/día y % PV)
 - Eficiencia de conversión de alimento (kg MS/kg carne producido)

Metodología:

Densidad: se medirá en coincidencia con el pesaje de los animales, al iniciar la utilización del autoconsumo y luego cada 30 días sobre la cara expuesta del silaje utilizando un densímetro según el protocolo descrito en el anexo 1. En cada medición tomar 9 muestras respetando las posiciones y las nomenclaturas establecidas en el esquema 1.

Recolectar las muestras individualmente en bolsas de nylon, pesarlas en fresco y en seco luego de colocarlas en estufa a 60 °C hasta peso constante.

El % MS es la relación entre el peso seco y fresco de cada muestra. La densidad en fresco y en seco de cada muestra se calcula como la relación entre el peso fresco o seco de cada muestra y el volumen explorado por el densímetro al tomar cada una de ellas. La densidad final del silaje será un promedio de la densidad de cada una de las muestras tomadas.



Fuente: Ing. Agr. Gustavo Clemente – Ing. Agr. Juan Monge

pH: medir cada vez que se determine densidad. Una vez tomadas las muestras para determinar densidad y registrada la temperatura, componer una muestra de silaje tomando pequeñas porciones de cada estrato de este (superior, medio e inferior) y remitir en fresco a un laboratorio de calidad de forraje para la determinación del pH del silaje utilizado.

Calidad: medir cada vez que se determine densidad. Para ello, utilizando las 9 muestras ya secas, componer una única muestra y remitir a un laboratorio de calidad de forraje para la determinación, mediante análisis, de MS, PB, FDN, FDA, Lignina, N-NH₃, NIDA y otros. La Digestibilidad y CE estimadas a partir de la FDA serán solicitadas directamente al laboratorio de calidad de forraje que realice el análisis de las muestras.

Tamaño de picado: medir cada vez que se determine densidad. Finalizado el muestreo de densidad y temperatura, sacar una muestra de la cara expuesta del

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

silaje y separar según su tamaño de partícula utilizando el separador de partículas "Pen State".

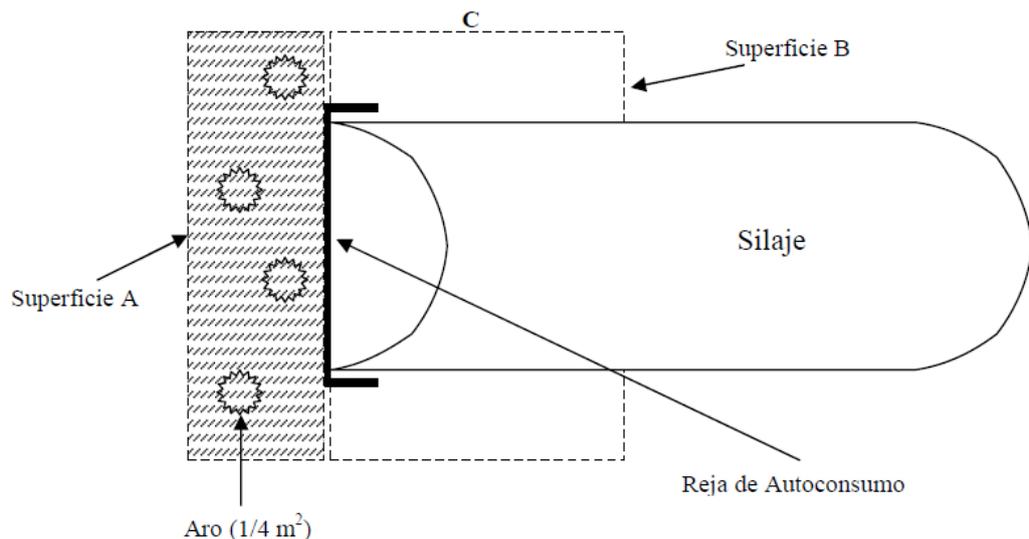
Perdidas de silaje: definir una superficie (A) alrededor del frente de acceso al autoconsumo, en la que el evaluador considera que se distribuyen las pérdidas de silaje. Dentro de esa superficie y utilizando un aro de $\frac{1}{4}$ m², tomar al azar 4 muestras del silaje desperdiciado (ver esquema 2). Pesarse en fresco el silaje recolectado, tomar una submuestra y pesarla en fresco y en seco luego de colocarla en estufa a 100 °C hasta peso constante. Finalmente calcular el % MS mediante la relación entre ambos pesos de la muestra y afectarlo al peso fresco de la muestra inicial para obtener los kg MS de silaje desperdiciados/m².

El evaluador deberá definir una nueva superficie (B) que tendrá el mismo ancho de la superficie (A) y un largo (C) equivalente al avance del autoconsumo durante el tiempo (D) transcurrido entre dos pesadas sucesivas de los animales.

El desperdicio diario de silaje (kg MS) será igual a:

$[\text{kg MS de silaje desperdiciados/m}^2 * \text{superficie (B)}] / \text{tiempo (D)}$

De esta manera, es posible estimar las pérdidas de cada intervalo de tiempo y también la total como la sumatoria de las pérdidas parciales.



Ganancia diaria de peso vivo: registrar el peso vivo sin desbaste de todos los animales, tanto al inicio como al final del periodo de utilización del autoconsumo. El seguimiento de la evolución de peso se realiza sobre una muestra correspondiente al 20% del total de los animales y representativa de la variabilidad de peso vivo existente en el rodeo, que se pesan sin desbaste previo cada 30 días a partir del inicio del ensayo. El aumento diario de peso vivo de todo el periodo se determina por diferencia de peso entre la pesada inicial y final de cada uno de los animales.

Consumo: medir el avance (m/día) de la estructura de autoconsumo durante el periodo transcurrido entre dos pesadas sucesivas de los animales y con la superficie de la cara expuesta del silaje en m² calcular el volumen de silaje consumido diariamente en ese periodo. Conociendo la densidad del silaje (kg MS/m³), transformar dicho volumen en kg MS. El consumo real de silaje (kg MS/an/día) durante cada periodo de medición es igual a: [Consumo teórico de

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

silaje (kg MS/día) - Pérdidas de silaje (kg MS/día)] / cantidad de animales Sumar la cantidad consumida de otros alimentos (kg MS/an/día) para obtener el consumo total (kg MS/an/día). Con la relación entre el consumo (kg MS/an/día) y el peso vivo de los animales se calcula el consumo diario de cada animal (% Peso Vivo) Finalmente, el consumo de los animales (kg MS/an/día y en % PV) durante todo el periodo de utilización del autoconsumo será igual al promedio de los consumos obtenidos en cada intervalo de tiempo.

Eficiencia de conversión de alimento (kg MS/kg carne producido): se calcula como la relación entre el consumo (kg MS/an/día) y la ganancia diaria de peso vivo (kg/an) obtenidos entre dos pesadas sucesivas de los animales. El promedio de las eficiencias parciales determinará la eficiencia de conversión final del sistema evaluado.

2. Validación de resultados de la utilización de silajes de sorgo en autoconsumo.

EEA Manfredi, Córdoba, 2019.

En la EEA Manfredi, en diciembre de 2017, se sembraron 10 ha de sorgo silero VDH 422. Al momento de picado, el cultivo alcanzó un rendimiento de 13672 kg MS/ha con la calidad nutricional que se presenta en la siguiente tabla:

Parámetros nutricionales del silaje de sorgo confeccionado.

PB (%)	FDN (%)	FDA (%)	Dig. (%)	CE Mcal EM/kg MS
7,96	58,63	31,54	65,88	2,37

Con el material cosechado se confeccionaron 75 m de bolsa de 10 pies de diámetro. El día 17 de julio de 2018, una vez estabilizado el silaje, se comenzó a suministrar en autoconsumo a 97 terneros A. Angus de 179 kg promedio y 8 meses de edad.

Durante un periodo experimental de 156 días, se registró el avance diario de la reja de autoconsumo sobre el material embolsado obteniendo un valor promedio de 45,65 cm/día con un máximo de 77,00 y un mínimo de 20,50 cm diarios. El valor más frecuente (moda) del avance diario de la reja de autoconsumo en todo el periodo de evaluación fue de 36,00 cm.

Sobre el frente expuesto de la bolsa y en tres momentos diferentes del ensayo, se registró la densidad (kg MV/m³ y kg MS/m³) del material ensilado en la parte superior, media e inferior de la bolsa, alcanzando un promedio general de 478,28 kg MV/m³ y de 143,50 kg MS/m³.

En función de la densidad del silo y del avance de la reja se estimó un consumo diario de forraje de 4,93 kg MS/an que, sumado a los 900 g MS de harina de soja, representan el 2,4% del peso vivo promedio alcanzado por los animales en todo el periodo evaluado.

A lo largo de la experiencia, se realizaron 5 pesadas (en la inicial y final se pesaron todos los animales mientras que en las intermedias solo se pesó una muestra de 20 animales representativos de la tropa). Las ganancias diarias de peso vivo del grupo testigo y su coeficiente de variación (CV) que se presentan en la siguiente tabla, fueron muy representativas de los obtenidos como promedio de todo el rodeo (0,805 kg/an y 15.99% respectivamente).

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Ganancias diarias de peso vivo (GDPV) del grupo testigo a lo largo de todo el ciclo de evaluación.

1° Pesada 17/07/2018	2° Pesada 29/08/2018	GDPV kg/an	3° Pesada 03/10/2018	GDPV kg/an	4° Pesada 05/11/2018	GDPV kg/an	5° Pesada 20/12/2018	GDPV kg/an	CV %
182 kg/an	210 kg/an	0,640	248 kg/an	0,844	281 kg/an	0,892	306 kg/an	0,791	16.1 3

La producción de carne obtenida, durante los 156 días de evaluación, fue de 124 kg/an lo que equivale a 12028 kg totales. En función de la superficie destinada a la confección de silaje, la productividad del sistema fue de 1203 kg de carne/ha.

3. Evaluación de sorgos destinados a la confección de silajes de planta entera

*Equipo Forrajes Conservados
EEA Manfredi – INTA*

Objetivo

Evaluar la productividad, la composición y la calidad nutricional de diferentes genotipos de sorgo destinados a la confección de silajes de planta entera, mediante un ensayo en red de tres localidades (Manfredi, Pergamino y Reconquista) y con dos fechas de siembra.

Resultados

Primera fecha de siembra

Producción total de materia seca y participación relativa de los componentes del rendimiento – Manfredi

Material	Rendimiento kg MS/ha	Panoja %	Resto Planta %	de
ADV 1350 IG	17535 ab	51.67 c	48.33 a	
ADV 2499	15272 a	42.74 a	57.26 c	
HAV 150134	28143 c	45.43 ab	54.57 bc	
HAV 150137	18481 b	45.85 ab	54.15 bc	
HAV 150138	19013 b	49.30 bc	50.70 ab	
V 32405	17218 ab	43.84 ab	56.16 bc	
V 42977 (ADV2450IG)	19449 b	45.54 ab	54.46 bc	
VDH 422	18387 b	44.58 ab	55.42 bc	

Calidad nutricional – Manfredi

Material	MS %	FDN %	FDA %	PB %	DMS %
V 32405	32.93 a	54.01 a	34.46 cd	5.86 a	64.18 bc
HAV 150138	33.54 a	54.22 a	32.55 abcd	5.27 a	63.67 ab
ADV 2499	31.19 a	54.36 a	32.37 abcd	6.16 ab	63.78 abc
ADV 1350 IG	34.20 a	52.86 a	29.67 a	5.75 a	65.96 c
HAV 150137	30.07 a	55.88 a	31.93 abc	7.70 c	64.22 bc
VDH 422	31.09 a	57.52 a	35.04 d	5.00 a	61.73 a
HAV 150134	34.10 a	55.20 a	31.04 ab	7.38 bc	64.91 bc
V 42977 (ADV2450IG)	33.96 a	55.47 a	33.27 bcd	5.16 a	63.18 ab

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

Tasa de desecación diaria – Manfredi

Material	Tasa Desecación % MS/día
ADV 1350 IG	0.22 a
ADV 2499	0.12 a
HAV 150134	0.23 a
HAV 150137	0.17 a
HAV 150138	0.20 a
V 32405	0.28 a
V 42977 (ADV2450IG)	0.22 a
VDH 422	0.15 a

Bibliografía

1. Advanta semillas 2019. Catálogo de sorgo. https://www.advantaseeds.com.ar/sites/default/files/Catalogo_Advanta_2020_PARA_WEB.pdf
2. Bragachini, M; Cattani, P; Giordano, J; Peiretti, J; Sánchez, F; Urrets Zavalía, G. 2018. Manual técnico de forrajes conservados”; 1° edición Manfredi, Córdoba. Ediciones INTA.
3. CACF 2020. Estadísticas silajes Argentina 2020. <https://www.ensiladores.com.ar/>
4. Carrasco, N; Zamora, M; Melin, A. 2011. “Manual de sorgo”. 1° edición, Chacra experimental integrada Barrow - ediciones INTA.
5. Claflin and Howell. Edit: Frederiksen, R. 1986. Compendium of Sorghum Diseases. The American Phyto pathological Society. USA
6. Colazo, J.C; Garay, J.A; Veneciano, J.H. 2012. El cultivo de sorgo en San Luis. EEA INTA Anguil, La Pampa.
7. Davéréde, 2017. Ciclo ontogénico del sorgo granífero”, catedra de cereales. Facultad de ciencias agrarias de la Universidad Católica Argentina.
8. De León M. 2019. “El uso de maíz y sorgos para silajes: nuevos criterios para la elección de híbridos”.
9. De León, M. 2018. “Impacto de la calidad de la fibra en la producción animal” Boletín técnico de Advanta semillas.
10. De León, M. 2020. “Una buena agricultura para una mejor ganadería”. <http://fortia.com.ar/>
11. De León, M.; Giménez, A. R; Echeverría, A. 2016. Rendimiento, composición y calidad de silajes de planta entera de sorgos según su grupo genético. En: XXV Congreso Latinoamericano de Producción Animal. ALPA 2016. Brasil.
12. De León, M.; Giménez, R. 2017. “Autoconsumo de silajes: cómo asegurar un buen resultado”. <https://www.engormix.com/>
13. De León, M.; Giménez, R. 2019. “Ensilajes de sorgo y maíz: rendimiento, composición, valor nutritivo y respuesta animal”. <https://www.engormix.com/>
14. De León, M; Acevedo, MC; Ávila, AC; Giménez, RA; Echeverría, A y Ruolo, MS. 2016. “Determinación de las tasas de desecación de cultivos de maíz y sorgos para establecer el momento óptimo de picado para silaje”. XXV Reunión Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Recife - Brasil.

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

15. Echeverría, A; Despósito, C; De León, M y Giménez, RA. 2017. Determinación de las tasas de desecación de cultivos de sorgo y maíz destinados a la confección de silajes. Congreso AAPA 2017. Córdoba.
16. Fischer, K. S.; Wilson, G. L. 1975. A journal for the publication of original research into all aspects of agriculture in the Australasian region. Studies of grain production in *Sorghum bicolor* (L. Moench). Effect of planting density on growth and yield. Australian Journal of Agricultural Research. 26 (1): 31-41.
17. Fontanetto, H. y Keller, O. 1999. Fertilización en sorgo. En: Jornada de intercambio técnico de sorgo. Publicaciones técnicas por cultivo, AAPRESID. Pp 23-31.
18. Gambin et. al. 2016. Eco-physiological changes in sorghum hybrids released in Argentina over the last 30 years.
19. Ghisellini, N. L. P.; Holtz, I. W. 1985. Alternativas de manejo en el cultivo de sorgo granífero. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 98 p.
20. Giménez, R. A.; Despósito, C.D.; Burghi, V. H. y De León, M. 2019. Evaluación de híbridos de sorgo para su utilización como silajes de planta entera en el noroeste de Córdoba.
21. Giménez, RA. (2017) Evaluación productiva y económica de dos estrategias de suplementación en sistema de cría bovina del Norte de Córdoba. Director Ing. Agr. Marcelo De León. Córdoba (AR): Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 113 p.
22. Griswold, K.E.; Craig, S.K. 2010. "Relating dry matter density to dry matter loss in corn silage bunker silos in Southeastern Pennsylvania.
23. INTA Precop 2007. Sorgo: mejoras en la eficiencia de cosecha en la Argentina. Ediciones INTA. 22pp
24. Lovett, J. V.; Lazemby, A. 1979. Australian field crops; tropical cereals, oilseeds, grain legumes and other crops. Sorghum. Sydney, Angus and Robertson. v.2, 328 p.
25. Miguez, F.; Davéréde, I.C. 2017. "Ciclo ontogénico del sorgo granífero", cátedra de cereales. Facultad de ciencias agrarias de la Universidad Católica Argentina.
26. Myers R.J.K; Foale M. 1981. "Row spacing and population density in grain sorghum"
27. Opacak, F.; Abdelhadi, L. O.; Bolsen, K.; Cattani, P.; Clemente, F.; Clemente, G.; Monge, J.; Queiroz, O.; Zucchi, A. 2018. "Manual de actualización técnica" - 5ta edición, CACF.
28. Owens, F.; Johnston, I. 2008. "Corn silage".

Producción y utilización de silaje de sorgo en recría y terminación de animales bajo autoconsumo

29. Piltz, J.A y Kaiser, A.G. 2004. Principles of silage preservation. 27p. eds. Kaiser, A.G., Piltz, J.W., Burns, H.M., Griffiths, N.W. Top fodder successful silage. New South Wales. Australia, Dairy Australia. 395p.
30. R. L. Vanderlip, H.; Reeves E. 1993. Growth Stages of Sorghum [Sorghum bicolor, (L.) Moench.]
31. Schiariti, 2020. Informe económico mensual. Documento N.º 235 – Agosto 2020. http://www.ipcva.com.ar/files/ciccra/ciccra_2020_08.pdf
32. Siri, G. 2004. Sorgo. Montevideo, Facultad de Agronomía. 96 p.
33. Steiner, J. L. 1987. Dryland grain sorghum water use, light interception, and growth responses to planting geometry. *Agronomy Journal*. 78 (4): 720-726.
34. USDA July 2020. Livestock and Poultry: World Markets and Trade https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/livestock_poultry.pdf
35. Vallatti, A. 2007. Fisiología del sorgo. (en línea). Bahía Blanca, INTA. Bordenave 1 p.
36. Valladares C. A. 2010. Taxonomía y botánica de los cultivos de grano. La Ceiba, Honduras. 13-14p
37. Zamora, M.; Melin, A.; Balda, S.; 2010. Manejo del cultivo de sorgo; efecto de la densidad de siembra y la fertilización (en línea). *Sorgo en el Sur Producción de Forraje y Grano*. INTA. 1: 8-10.