



FACULTAD DE AGRONOMÍA
Universidad Nacional de La Pampa

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE FIBRA Y DE LA PRODUCTIVIDAD DE MATERIA SECA EN DIFERENTES HÍBRIDOS DE SORGO

Trabajo final de graduación presentado para obtener el título de Ingeniero Agrónomo

Autores: Martínez, Román Lorenzo

Schieda, Franco

Director: Funaro, Daniel Oscar. Grupo tecnología de cultivos EEA Anguil.

Co-Director: Petruzzi, Horacio Javier. Sistema de producción de animales rumiantes

Evaluable: Pacapelo, Héctor. Genética y mejoramiento genético de plantas y animales

Pagella, Horacio. Anatomía y fisiología zootécnica – Nutrición animal

FACULTAD DE AGRONOMÍA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PAMPA
Santa Rosa (La Pampa) – Argentina 2017

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN:	3
OBJETIVO GENERAL:	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	10
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Caracterización del sitio experimental.....	11
Descripción de los materiales evaluados	12
Siembra de los híbridos y Diseño Experimental.....	13
Variables a analizar en el cultivo	13
Procesamiento de muestras	14
Análisis estadístico.....	15
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
Variables de caracterización edáfica.....	16
Variables de caracterización climática.....	17
Producción de Materia Seca.....	19
Acumulación de biomasa.....	20

Curva de crecimiento, producción de materia seca y componentes.....	24
Contenido de carbohidratos no estructurales (grados brix)	31
Calidad forrajera de la biomasa total y sus componentes individuales	36
CONCLUSIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	48

RESUMEN

En los sistemas ganaderos de nuestro país, durante la época estival, el sorgo comenzó a adquirir mayor importancia en los últimos años, impulsado por su adaptación a condiciones climáticas y de suelo desfavorables, manteniendo una buena aptitud forrajera. El objetivo de este trabajo fue evaluar la producción y calidad nutricional de la biomasa aérea de tres tipos de sorgos forrajeros (silero, fotosensitivo y doble propósito) y sus variantes “azucaradas” en las condiciones ambientales del centro de la provincia de La Pampa. El ensayo se realizó en la localidad de Anguil durante la campaña 2014/15. Se utilizó un total de 6 híbridos: Fotosensitivo, Fotosensitivo Azucarado, Silero, Silero Azucarado, Doble Propósito y Doble Propósito Azucarado. Los experimentos se realizaron siguiendo un diseño en bloque completamente aleatorizado con 4 repeticiones, efectuándose el muestreo de los materiales en seis fechas distintas. Las variables medidas fueron: producción de forraje (kg MS m^{-2}) y calidad nutricional (digestibilidad, y concentraciones de proteína bruta y azúcares) de la biomasa total y de sus componentes morfológicos. Los resultados, en cuanto a producción total de forraje, destacaron al material Fotosensitivo Azucarado ($p < 0.05$) para el momento óptimo de corte. En las primeras tres fechas de corte no se evidenciaron diferencias significativas entre los híbridos para la variable producción de forraje. A partir del cuarto corte, el híbrido fotosensitivo superó significativamente a los demás materiales ($p < 0.05$). En cuanto a la producción de biomasa de los componentes, también se encontraron diferencias significativas. Respecto a la calidad, se encontró que no hubo

diferencias significativas entre los híbridos, en términos de digestibilidad y concentración de proteína bruta de la biomasa aérea total. Sin embargo, hubo diferencias de calidad entre cortes y componentes morfológicos de los híbridos. Se puede concluir que los híbridos demostraron un muy buen comportamiento en producción de forraje y una buena calidad, y que en líneas generales el híbrido Fotosensitivo Azucarado fue el que presentó un mejor comportamiento en cuanto a producción y calidad.

Palabras clave: Híbridos, Sorgo Forrajero, Silero y Doble propósito; Producción de forraje y calidad; Componente morfológico y Biomasa Total.

INTRODUCCIÓN:

El “sorgo” (*Sorghum bicolor*, (L.) Moench) pertenece a la familia de las gramíneas y tiene su centro de origen y de mayor diversidad en los trópicos semiáridos del centro este africano. Este cultivo comenzó a expandirse rápidamente a partir del desarrollo de semilla híbrida, con alto nivel de heterosis, lo que permitió obtener buenos rendimientos y uniformidad del cultivo. En 1956 se inició la distribución de esta semilla, llegando a la Argentina en 1957 (Giorda y Cordés, 2005).

En Argentina, se dispone de una amplia zona ecológica apta para su cultivo, la que se extiende aproximadamente entre los 22° y 40° latitud sur, y está delimitada hacia el oeste por la isohieta de 500 mm de precipitación anual; sin embargo, estos límites se están extendiendo ya que se está evaluando la posibilidad del cultivo de sorgo bajo riego, debido a que se intenta intensificar la producción usando materiales eficientes en el uso del agua (Giorda, 1997).

El límite austral del cultivo estaría dado por un período libre de heladas de 130 días y la isoterma media anual de 14 °C. Temperaturas inferiores a los 21 °C disminuyen la producción de materia seca siendo el ideal entre 25 y 30°C (Giorda y Cordes, 2008). Sin embargo, la importancia del sorgo como forraje está creciendo en varias regiones del mundo debido a su alta productividad y su capacidad para utilizar eficientemente el agua aún bajo condiciones de sequía y altas

temperaturas (Romero y Aronna, 2004). Además, puede permanecer en estado de latencia durante períodos de sequía prolongados, reanudando su crecimiento una vez que el agua se torna disponible (aunque esta situación modifica su comportamiento) y posee un bajo costo de implantación (Torrecillas, 2001). En la actualidad, este cultivo está siendo ampliamente utilizado para la confección de silajes de planta entera en sistemas lecheros y de producción carne, principalmente en aquellos ubicados en áreas donde el cultivo de maíz no puede expresar su potencial productivo por las características edafo-climáticas (Bruno et al., 1992). Además, está dotado de una calidad nutricional que, de ser necesario, le permitirá reemplazar al maíz en la alimentación animal, humana y procesos industriales, atendiendo a las diferentes zonas productivas que tenemos en el país y a los mercados externos presentes o que pueden emerger de aquí en más (Chessa, 2013; Giorda y Cordes, 2008).

La expansión de la agricultura y la intensificación de la producción ganadera, han conducido a una mayor utilización de áreas marginales con grandes limitaciones edafo-climáticas. Entre las climáticas se destacan las deficiencias hídricas estacionales, determinadas por el régimen de lluvias desfavorables, junto al manejo poco eficiente del agua, y entre las edáficas, especialmente en áreas deprimidas y asociadas a la proximidad de la capa freática, altos contenidos de sales solubles y/o sodio intercambiable. Además, el uso incrementado de tierras destinadas a soja (desmote), y el monocultivo, hacen que la degradación del suelo sea un problema importante (Giorda, 1997).

El cultivo de sorgo posee un sistema radicular que ayuda a recuperar la estructura de los suelos y aporta un gran volumen de rastrojo (de lenta descomposición por su alta relación C/N), para generar cobertura en los sistemas de siembra directa y poder recuperar los contenidos edáficos de materia orgánica, mejorar la infiltración de agua y disminuir las pérdidas por evaporación (Suárez, et al. 2010). Su sistema radicular, se caracteriza por ser más desarrollado y superficial que el maíz (que le permite incluso aprovechar pequeñas precipitaciones producidas durante el verano), siendo una ventaja dado que tiene la capacidad para soportar períodos de falta de agua, siendo además uno de los cultivos más eficientes en el uso de la misma (se estima, en términos medios, en 13,3 kg de materia seca mm^{-1} de agua consumida), comparado con la eficiencia en el uso del agua para un maíz (aproximadamente 10 kg de materia seca mm^{-1} de agua consumida), es decir que puede producir un 30% más de materia seca con igual cantidad de agua. El área de absorción de su sistema radicular duplica al de maíz otorgándole una mayor eficiencia de utilización y mayor capacidad de absorción de la humedad (Álvarez de Toledo et al., 1987). Sumado a esto, tiene menor número y tamaño de estomas y los mismos se encuentran en mayor proporción en la cara inferior de la hoja (abaxial); posee a lo largo de la nervadura central células motoras que producen el “acartuchamiento” de las hojas en las horas del día de mayor temperatura, reduciendo la superficie de evapotranspiración y, en consecuencia, la pérdida de agua; lo cual favorece su resistencia a la sequía (Centeno, 2001).

El requerimiento hídrico del sorgo se basa en un mínimo de 250 mm durante su ciclo, con un óptimo comprendido entre los 400-550 mm. Todas estas características convierten al sorgo en una alternativa viable para su incorporación en la rotación de cultivos (Dragún et al, 2010).

Es primordial que el suelo tenga una adecuada humedad en el momento de la siembra, para lograr tanto una emergencia rápida como homogénea, y con ello una buena implantación del cultivo. Las mayores exigencias de, agua comienzan unos 30 días después de emergencia, y continúan hasta el llenado de los granos, siendo las etapas más críticas las de panojamiento y floración, puesto que deficiencias hídricas en estos momentos producen mermas en los rendimientos (Giorda, 1997).

Con respecto al tipo de suelos, se adapta tanto a los arenosos como a los arcillosos. Los sorgos forrajeros son sensibles a la alcalinidad, siendo el rango edáfico de pH en que se los puede cultivar de 5 a 8, con un óptimo es de 6,5 a 7 (Bruno et al., 1992).

En los últimos años se ha producido un avance en el mejoramiento genético del cultivo, lo que incrementó la disponibilidad de híbridos con características específicas adaptadas a distintos usos y regiones. Algunas de estas características son tolerancia a enfermedades y plagas, posibles de encontrar en la gran zona agrícola Argentina. Además, es un componente importante en los

sistemas de producción mixta de la región Semiárida Pampeana, debido a su uso como forrajero por pastoreo directo, durante su ciclo vegetativo o diferido, producción de grano o para elaboración de forrajes conservados (confección de silos) (Suárez, et al. 2010).

En el Cuadro 1 se presentan distintos tipos de sorgo, entre los que se incluyen doble propósito, silero y fotosensitivos. En él se detallan los valores promedios de producción de materia seca (MS), altura y proporción de los componentes morfológicos de la planta entera (hoja, tallo y panoja).

Cuadro 1: Producción de genotipos de sorgo y proporción de sus componentes.

Tipo de sorgo	Producción de MS (tn ha ⁻¹)	Altura (cm)	Hoja (%)	Tallo (%)	Panoja (%)	Digestibilidad de MS (%)
Fotosensitivo	26	> a 200	15	75	10	55
Silero	21	> a 180	10-15	60	25-30	65
Doble propósito	18	< a 180	7-10	48-60	30-45	60

(Adaptado de Bruno et al., 1992; Díaz et al., 2003; Funaro y Suárez, 2016; Ressia, 2007)

Además de las diferencias entre tipos, también hay híbridos que poseen el gen nervadura marrón, el cual se asocia al carácter contenido reducido de lignina y, en consecuencia, tienen mayor digestibilidad de la fracción vegetativa (Ressia, 2007).

El sorgo se emplea tanto en alimentación humana y animal, pero también despierta interés su uso como cultivo bioenergético, existiendo variedades de sorgo dulce con tallos ricos en azúcares, de los que se utiliza toda la planta para la fabricación de biocarburantes (Suárez, et al. 2010). Dentro, y entre los diferentes tipos de sorgos, existe variabilidad en los contenidos de azúcares en sus tallos, característica de importancia para la confección de silos y calidad de los mismos (principalmente digestibilidad). Tal característica, no ha sido objeto de estudios lo suficientemente prolongados, como para arrojar resultados concluyentes sobre la calidad nutricional de tallos, debido a que el contenido de azúcares en los mismos es muy variable, entre los estados fenológicos del cultivo y dentro del mismo estado. A distintas alturas de la planta existe variabilidad de concentración de azúcares, por lo que se trata de buscar tener un porcentaje mayor de panoja y así estabilizar más la producción y calidad del cultivo (Giorda, 1997; Romero et al., 2000).

Si bien existen diferencias entre híbridos en producción de grano, es importante puntualizar que la fracción vegetativa (tallo) es el principal componente de la planta y, por lo tanto, representa la mayor proporción del material ensilado. Es sabido que la calidad de este último depende de varios factores, tales como: calidad nutricional y producción de materia seca del cultivo, las condiciones climáticas, fertilidad edáfica, el estado fenológico del cultivo al momento de la confección del silaje (Funaro y Suárez, 2016).

Entonces, un factor de manejo, sobre el cual se puede intervenir para modificar la producción y calidad de forraje, es la selección del genotipo de sorgo, buscando además el que tenga mejor adaptación a las condiciones edafo-climáticas de la zona. La forma en que se suministra al ganado puede ser ensilado o como utilización diferida en pie, pudiendo ser temprana o tardía. Por ejemplo, si el momento es temprano es preferible dar un sorgo azucarado debido a su buena digestibilidad, y si el momento de racionar es tardío, conviene ofrecer un sorgo doble propósito debido a que en dicho estado el azucarado se “alcoholiza” perdiendo digestibilidad, mientras que el doble propósito la mantiene alta debido a la proporción de grano (Fernández Mayer, 2006; Funaro y Suárez, 2016).

El principal parámetro que define el valor nutritivo de un recurso forrajero es la digestibilidad, la cual guarda relación con la concentración de energía metabolizable y el consumo de MS (Ressia, 2007).

De lo visto, anteriormente, se observa una gran complejidad asociada a la variabilidad generada a partir de las diferentes posibilidades de combinación entre tipos de sorgo y su contenido de carbohidratos no estructurales en tallo, que mejorarían la calidad forrajera. Por otro lado, no hay consenso en la escasa información existente, sobre cómo se comportará la calidad forrajera de los materiales con diferentes contenidos de azúcar en tallo. Por lo tanto, este trabajo se llevó a cabo con el objetivo de evaluar el rendimiento de materia seca total de los diferentes tipos y genotipos

de sorgos, de tallos azucarados y no azucarados, y el aporte proporcional que realiza cada uno de los componentes morfológicos, dentro de la curva de crecimiento.

OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la producción y calidad nutricional de biomasa aérea de diferentes tipos de sorgo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Medir la acumulación de biomasa y componentes morfológicos en el ciclo productivo.
- Analizar la calidad forrajera de la biomasa total, y sus componentes individuales, en base a digestibilidad, contenidos de proteína bruta y azúcares.

MATERIALES Y MÉTODOS

Caracterización del sitio experimental

El ensayo se realizó en el campo de la Estación Experimental Agropecuaria del INTA Anguil “Ing. Agr. Guillermo Covas”, ubicado en ruta nacional N° 5 km 580.

A continuación, se mencionan variables que se utilizaron para caracterizar el sitio experimental durante el ciclo del cultivo:

1) Edáficas:

- Espesor del suelo (ES, cm)
- De análisis granulométrico: contenido de arcilla, limo y arena determinados por el método Bouyoucus (1962)
- Capacidad de campo (olla de presión) a 0.3 atm y punto de marchitez permanente en 15 atm. Adicionalmente se calculó capacidad de retención de agua total (CRA, mm) y la CRA útil (mm)
- Materia Orgánica (Walkley y Black, 1934)
- Índice (MO/arcilla + limo x 100)

2) Climáticas:

- Temperaturas (máxima, mínima y media)
- Precipitaciones.

Descripción de los materiales evaluados

Se utilizó un total de seis híbridos de “sorgo” (*Sorghum bicolor (L.) Moench*) de diferentes características agronómicas, entre los cuales se detallan a continuación:

- ✓ ADV 2900 de Advanta: Es un híbrido fotosensitivo con el gen de nervadura marrón (BMR) incorporado, que se publicita por un bajo contenido en lignina.
- ✓ Argenfor 180 FS de Argentics Semillas: Híbrido de sorgo forrajero fotosensitivo con una alta producción de biomasa.
- ✓ Argensil 163 DP de Argentics Semillas: Híbrido de sorgo doble propósito, azucarado, ciclo completo.
- ✓ Argensor 151 DP de Argentics Semillas: Híbrido de sorgo doble propósito, azucarado, de ciclo intermedio, antipájaro. Publicitado por gran volumen de forraje y muy buena producción de grano.
- ✓ Argensil 160 T de Argentics Semillas: Es un híbrido doble propósito, sin azúcar, de foliosidad abundante.
- ✓ Argensor 155 DP de Argentics Semillas: Híbrido doble propósito, de ciclo completo, sin azúcar, de gran producción de forraje y buena producción de grano.

Siembra de los híbridos y Diseño Experimental

Todos los materiales se sembraron en el mes de noviembre, siguiendo un diseño en bloque completamente aleatorizado con 4 repeticiones. La unidad experimental se conformó de 8 surcos de 20 metros de largo, con una separación entre surcos de 0,52 m.

La densidad de siembra a utilizar para los híbridos forrajeros fue de 280.000 plantas ha⁻¹ y, en las de doble propósito y sileros, de 168.000 plantas ha⁻¹.

Variabes a analizar en el cultivo

Durante el crecimiento del cultivo se realizaron muestreos por corte, en 6 momentos distintos, para determinar el rendimiento de biomasa aérea total (BT) del cultivo y de cada componente morfológico (tallo, hoja y panoja). Para ello se colectó por corte, a una altura de 10 cm, la biomasa aérea de dos hileras del centro de la parcela, a lo largo de 3 m y en seis lugares distintos, descartando los extremos para simular condiciones de campo y evitar efectos de bordura. Se registró el peso húmedo de los 36 cortes y se seleccionaron al azar dos plantas como muestra de cada sitio de corte.

Procesamiento de muestras

A cada una de las muestras colectadas se las separó en las fracciones tallo (T), hoja (H) y panoja (P) y se registró el peso húmedo de las mismas. Éstas se colocaron en estufa de aire forzado a 60°C, hasta peso constante, para determinar el peso seco de los distintos componentes morfológicos, y calcular su correspondiente proporción de MS en el material original, por diferencia de peso. Utilizando la siguiente fórmula:

$$MS = 100 - \left(\left(\frac{PH - PS}{PH} \right) \times 100 \right)$$

PH: peso húmedo

PS: peso seco

Una vez secadas las distintas fracciones morfológicas de la planta, fueron procesadas con molinillo tipo Wiley provisto de tamiz de 0,8 mm, para poder determinar los parámetros de calidad forrajera de cada uno: digestibilidad de la materia seca (DMS) y concentración de proteína bruta (PB) y fibra detergente neutro (FDN). Para la medición de dichos parámetros se utilizó el analizador de reflectancia y transreflectancia “NIRS” (Near-infrared espectroscopia) basado en la tecnología de monocromador para análisis rápido.

Para la medición del contenido de azúcares en muestras de tallo se utilizó el refractómetro de mano, que es un instrumento óptico que sirve para determinar la concentración de sólidos solubles en solución. Su funcionamiento se basa en la medición del ángulo de refracción producido por el fluido depositado sobre el prisma del refractómetro, al incidir la luz sobre el mismo. La lectura de los grados brix se realizó a campo, registrando el valor observado en la escala graduada al mirar a través del ocular.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis estadístico mediante ANOVA y análisis de varianza multivariante, propuestos por Balzarini et al., 2005. Las diferencias entre medias se analizaron mediante test de Tukey a un nivel de significancia del 5 %. Para el análisis estadístico y procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico INFOSTAT versión 2016 (Di Renzo et al., 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables de caracterización edáfica

El sitio experimental se constituyó de suelos del tipo Haplustol éntico de distintas profundidades por la presencia de un manto de tosca de espesor variable, con una media de 1,20 m. La secuencia de horizontes encontrada fue A, AC, C1, C2ca. La textura de estos suelos es franco-arenosa a franca, donde los contenidos de arena fueron de 57%, 7% de arcilla y 36% de limo. El contenido de materia orgánica (MO) fue de bajo a medio, con un valor promedio de 1.7%, obteniendo un Índice (MO/ limo + arcilla) de 3.93 %.

La capacidad de campo (Cap.) y el punto de marchitez permanente (PMP) variaron en función de la profundidad, como puede verse en la Figura 1. Así mismo, se determinó que el agua útil (AUT) disponible en el suelo al momento de la siembra fue de 142 mm.

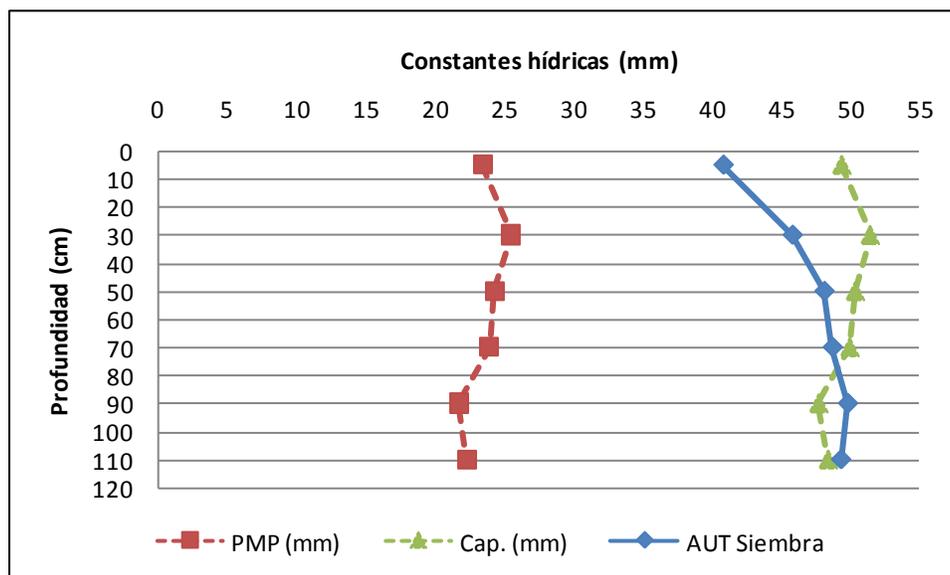


Figura 1: Constantes hídricas (PMP, Cap. y AUT) a diferentes profundidades del perfil al momento de la siembra.

Los contenidos de P asimilable fueron de 17 ppm, y en lo que respecta a la disponibilidad de $N-NO_3^-$ a la siembra, los valores fueron 150 kg ha^{-1} contenidos en los primeros 60 cm de profundidad.

Variables de caracterización climática

La precipitación media anual histórica del sitio registra un valor de 749.5mm con una distribución del 72.7% en el semestre cálido (octubre-marzo) y un 27.3% en el semestre frío

(abril-septiembre). Las precipitaciones registradas durante el período del cultivo (2014-2015) fueron de 595.4 mm, siendo el valor histórico durante los meses de estudio de 693.6 mm. En la Figura 2 se presenta la distribución de lluvias durante el ciclo del cultivo.

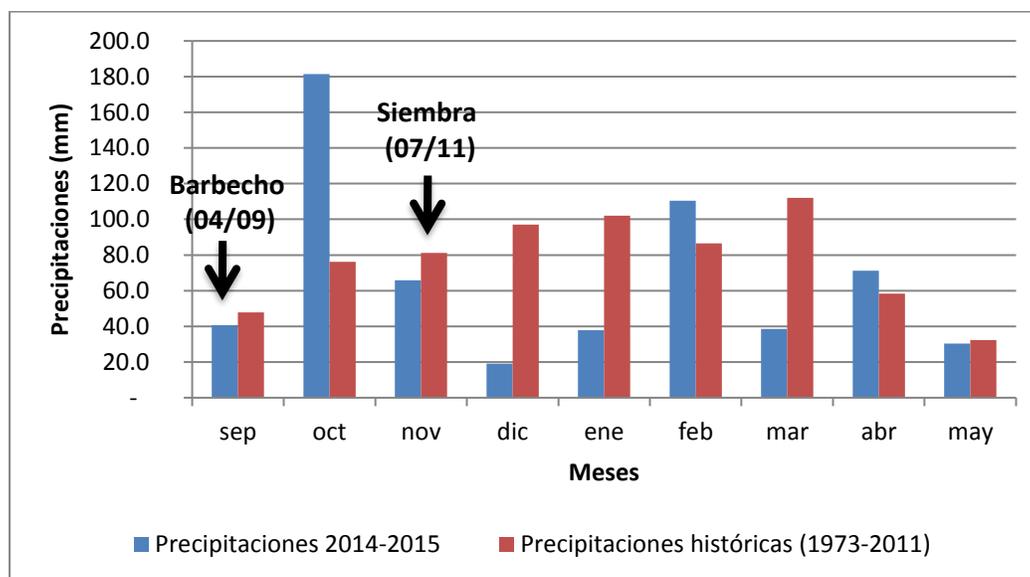


Figura 2: Precipitaciones (mm) registradas desde septiembre de 2014 hasta mayo de 2015 y las precipitaciones históricas para los mismos meses.

La temperatura mínima registrada durante el período del cultivo fue de $-2.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, la máxima de $40.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la temperatura media de $20.8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Producción de Materia Seca

El híbrido a elegir para hacer silaje debe presentar un buen equilibrio entre cantidad producida y calidad de forraje. Por lo tanto, es necesario disponer de información sobre el comportamiento de los diferentes híbridos en función del ambiente (Carrasco et al., 2011). Es por ello, que el objetivo de esta sección es analizar los rendimientos comparativos entre distintos tipos de híbridos en la región semiárida de la provincia de La Pampa. Se evaluó la producción de forraje (kg MS m^{-2}) de los híbridos durante el ciclo del cultivo, para determinar las curvas de producción de materia seca total y sus componentes (H, T y P), a partir de seis cortes por fecha.

Si bien algunos autores remarcan la importancia del contenido de grano en el silaje sobre el valor energético de esta reserva (Carvalho et al., 1992; Nússio, 1992; Silva, 1997), otros autores sostienen que la calidad del tallo puede ser de igual o mayor importancia que el contenido de grano (Cummins, 1981; Borges, 1995; Ressa, 2007; Funaro y Suárez, 2016; Kent, 2016)

En nuestro país las condiciones ambientales prevalecientes durante la época de crecimiento del cultivo, y principalmente durante la época crítica de definición del rendimiento, pueden ser limitativas para la producción de grano en muchas zonas ganaderas. Además, el desplazamiento de la ganadería por la agricultura hacia zonas de menor aptitud edáfica agravaría este problema.

Por lo tanto, es de importancia conocer y evaluar la fracción vegetativa de los híbridos puesto que en esas condiciones va a conformar una gran proporción de material ensilado, ya que la proporción de grano en los silajes puede verse afectada (Ressia, 2007).

Acumulación de biomasa

La estación de crecimiento 2014-15 se caracterizó por una restricción pluvial importante en verano (diciembre-enero), incrementándose las lluvias hacia fines de febrero. En la Figura 2 se indican los valores de precipitación pluvial de la estación de crecimiento y por mes. Una de las aptitudes reconocidas al cultivo de sorgo consiste precisamente en su comportamiento destacado frente a períodos de reducida humedad (Veneciano, et al., 2012).

Con respecto a la productividad de forraje de los tipos de sorgos evaluados (Figura 3) se advierte que, efectivamente el rendimiento medio para el momento óptimo de corte (MOC) de los diferentes participantes (2 kg MS m^{-2}) fue aceptable, a pesar de las condiciones de restricción hídrica estival. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) a partir de los 100 días post-emergencia.

La calidad nutricional del ensilaje se define por el contenido de grano y DMS del resto de la biomasa aérea. La elección del híbrido a ensilar debe resultar de la mejor combinación entre la producción de MS y proporción de P. A estas variables deben sumarse también la adaptación, características de manejo y ensilado, y el valor alimenticio del ensilaje (Kent, 2016).

La proporción de grano en el cultivo afecta el perfil nutricional del ensilaje, la cual se caracteriza por su elevado contenido de almidón, de fibra o sus combinaciones intermedias (Kent, 2016). Mientras el contenido de grano se incrementa en la fase final del ciclo del cultivo, la DMS de los componentes H y T disminuye a medida que avanza la madurez del mismo. Esta cuestión pone en compromiso la decisión sobre el momento adecuado de picado del cultivo, el cual está sujeto además a un rango de MS recomendado para obtener una adecuada fermentación. Tanto Torrecillas et al. (2011) como Rodríguez et al. (2009) definen que el cultivo debe contener entre 30 y 40 % MS (fundamentalmente, este parámetro se lo utiliza en forrajeros FF debido a su bajo porcentaje de panoja). Este rango de humedad coincidiría con un estado de grano pastoso, estado de máximo rendimiento y DMS, que mantendría hasta el estado de madurez fisiológica, y por lo tanto, es un parámetro utilizado para detectar el MOC en aquellos sorgos con un alto porcentaje de panoja (híbridos DP, graníferos y sileros) (Torrecillas et al., 2011). Por otra parte, las condiciones necesarias para que sucedan las fases del proceso de ensilado que estabilizarían el forraje, serían adecuadas cuando el forraje tiene entre el 30 y 40 % MS (Kent, 2016). Si el cultivo presenta menos del 30 % MS se generan pérdidas de nutrientes por efluentes, y aparecen

bacterias contraproducentes del género *Clostridium*. A valores de MS superiores al 40 %, se generan dificultades de compactación del silo que afectan la expulsión del oxígeno, y causan la oxidación de la fracción más digestible de la planta (carbohidratos solubles), una fermentación deficiente y elevada temperatura (Rodríguez et al., 2009).

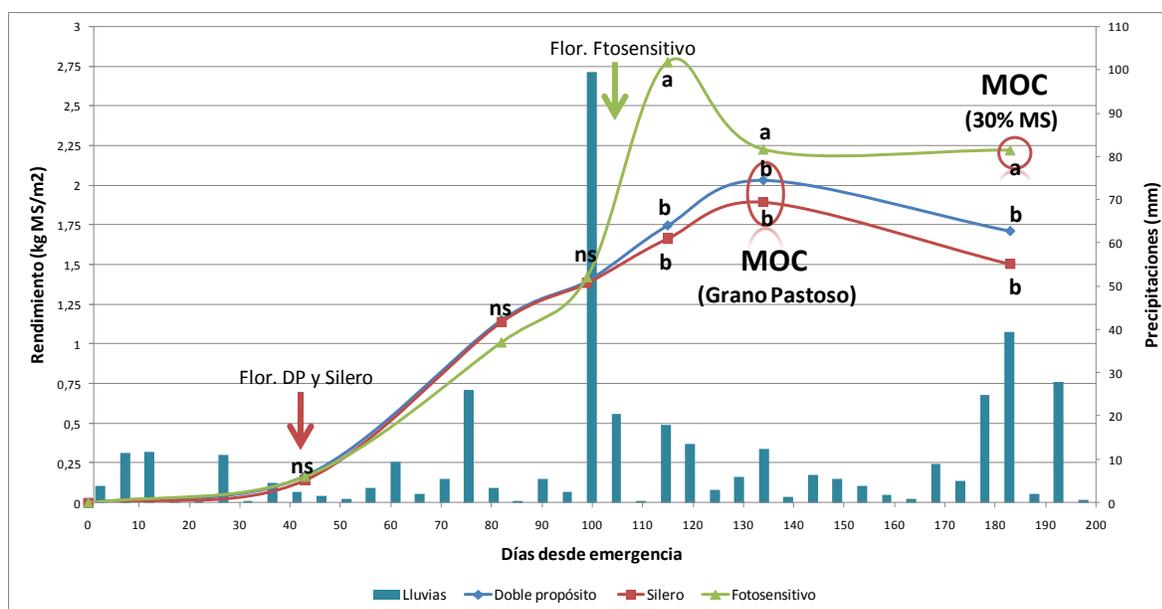


Figura 3: Producción de materia seca total (kg MS m⁻²) de los distintos tipos de híbridos y precipitaciones registradas desde emergencia hasta fecha de último corte (“MOC”: Momento óptimo de corte y “Flor.”: floración).

En la Figura 4 a. se puede apreciar que, la tasa de crecimiento máxima alcanzada por el híbrido fotosensitivo (0.097 kg m⁻²día⁻¹) se dio de los 100 a los 114 días post-emergencia

aproximadamente, esto podría deberse a una respuesta del cultivo ante el incremento de las precipitaciones de fines de febrero, dado que el sorgo, posee un mecanismo natural de latencia que le permite, ante una carencia de agua de lluvia, detener su crecimiento durante la misma para reiniciarlo apenas las condiciones ambientales sean favorables (Chessa, 2013). Posteriormente, la tasa cayó abruptamente hasta estabilizarse a los 134 días post-emergencia. Desde los 43 a los 99 días post-emergencia se calculó una tasa de crecimiento de $0,022 \text{ Kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$.

Tanto los híbridos doble propósito como los sileros alcanzaron una tasa de crecimiento máxima de $0.022 \text{ kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$, en ambos casos para el período comprendido entre los 43 a 99 días post-emergencia; luego la tasa de crecimiento continuó positiva durante el período comprendido entre los 99 y 134 días post-emergencia a una tasa de $0.02 \text{ kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$, para el DP, y $0.016 \text{ kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$ para el Silero. Probablemente, a los 100 días post-emergencia la tasa de crecimiento se hubiera estabilizado, de no haber ocurrido las precipitaciones elevadas, dado que el híbrido DP y S responden a este evento, por lo que se supone que, al estar definiendo el rendimiento, el incremento no fue tan marcado como en el fotosensitivo. A partir de los 134 días post-emergencia, comenzó un descenso en dicha tasa debido a pérdida de MS de tallo (por traslocación de fotosintatos) y a una defoliación ($-0.008 \text{ kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$ para el silero y $-0.006 \text{ kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$ para el DP).

En la Figura 4 b. se computó el promedio de tasa de crecimiento de los tres híbridos, en el período comprendido entre emergencia y MOC. Se puede ver que el FF es el que alcanzó la máxima tasa de crecimiento con un valor de $0,0185 \text{ kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$, seguido por el DP con un valor de $0,0167 \text{ kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$ y por último el Silero con $0,0146 \text{ kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$.

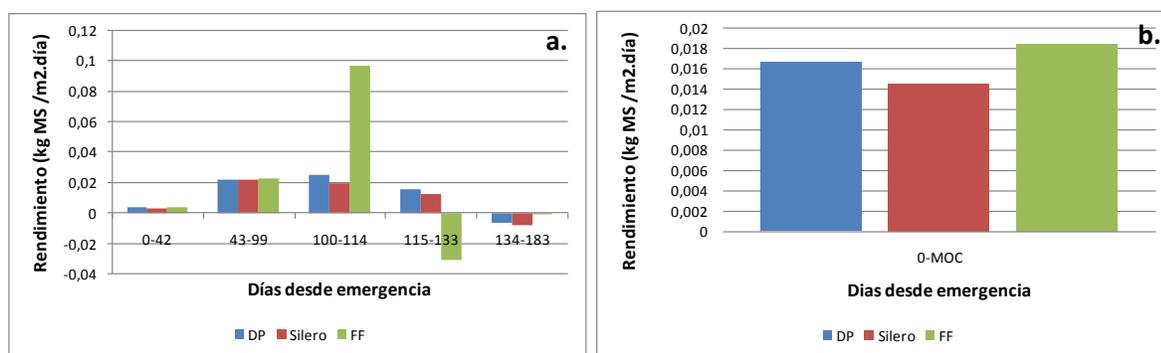


Figura 4: Tasa de crecimiento ($\text{kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$) de los diferentes híbridos por etapas “a.” y Tasa de crecimiento ($\text{kg m}^{-2}\text{día}^{-1}$) promedio para el período comprendido entre emergencia y MOC “b.”.

Curva de crecimiento, producción de materia seca y componentes

Las diferencias en composición morfológica que poseen los distintos tipos, podrían generar desigualdades en la composición química y, en consecuencia, en el valor nutritivo del recurso forrajero. De esta manera, se refuerza el concepto de la importancia de la elección del híbrido a emplear, para producir alimento de calidad, teniendo en cuenta cuál será su destino (cría, recría o

engorde) (Carrasco, et al. 2011). Es importante aclarar que la fotosensitividad es una característica que presentan algunos sorgos, y refiere a la sensibilidad respecto de la longitud del día para que la floración sea inducida. Los sorgos fotosensitivos, al prolongar su fase vegetativa hasta alcanzar la inducción para nuestra región, no llegan a florecer o, si lo hacen, es muy tarde en la estación del cultivo. Esta característica se adapta muy bien para el uso bajo pastoreo, ya que en este estado su DMS es mayor que en estados más avanzados de madurez (Giorda y Cordés, 2008).

La producción de MS y la partición en sus componentes morfológicos se analizaron en kg MS m⁻² acumulada, para los 6 híbridos estudiados. Como se observa en las Figuras 5, 6 y 7, se comparan los rendimientos y la partición en sus componentes en los distintos estados fenológicos del cultivo.

En la Figura 5 se visualiza cómo varía la curva de crecimiento y los componentes del tipo DP en función de los días post-emergencia. Tanto para el híbrido azucarado como el no azucarado, la curva de crecimiento es similar. En ambos casos, a partir de panojamiento (80 días a emergencia) se observa un incremento en la producción de MS en panoja, hasta el día 135 post-emergencia, y luego decrece lentamente, mientras que la fracción vegetativa (T y H) se mantiene constante. Se encontraron diferencias altamente significativas ($p < 0.01$) en producción de hoja y tallo, pero no existen diferencias en producción de P.

Los híbridos silero azucarado y no azucarado presentaron curvas de crecimiento diferentes, como se observa en la Figura 6. En el primer caso (Figura 6 a.), el componente que aportó la mayor cantidad de materia seca fue T, mientras H y P se mantuvieron constantes. En cambio, el no azucarado (Figura 6 b.) produjo una mayor cantidad de materia seca en P, mientras que la producción de T y H se mantuvo constante a partir de floración. A pesar de ello, se obtuvo una buena relación grano/tallo. El análisis estadístico reafirma lo anteriormente expuesto, dado que se encontraron diferencias altamente significativas entre todos los componentes botánicos de ambos híbridos.

Por último, los híbridos fotosensitivos se comparan en la Figura 7, observándose que ambos tienen curvas de crecimiento similares. Se encontraron diferencias altamente significativas con un nivel de significancia de 0.01 para la producción de T y H a favor del azucarado (Figura 7 a.), mientras que no hubo diferencias en cuanto a P. Además, el azucarado alcanzó una mayor producción de MS total y una curva de crecimiento que continuaba en ascenso hacia el final del período de crecimiento, lo cual puede deberse a que no se produjeron heladas intensas hasta junio. En ambos casos, se visualiza un pico en la curva de crecimiento a los 115 días de emergencia que luego cae abruptamente, lo cual puede deberse a una respuesta del cultivo ante las lluvias de fines de febrero. Estos híbridos presentaron una alta relación tallo/hoja, que resulta muy importante por el efecto de las heladas sobre las hojas. Esto permitiría brindar pasto verde de

buena calidad por más tiempo, al extenderse la producción hasta las primeras heladas (Di Buo, 2010).

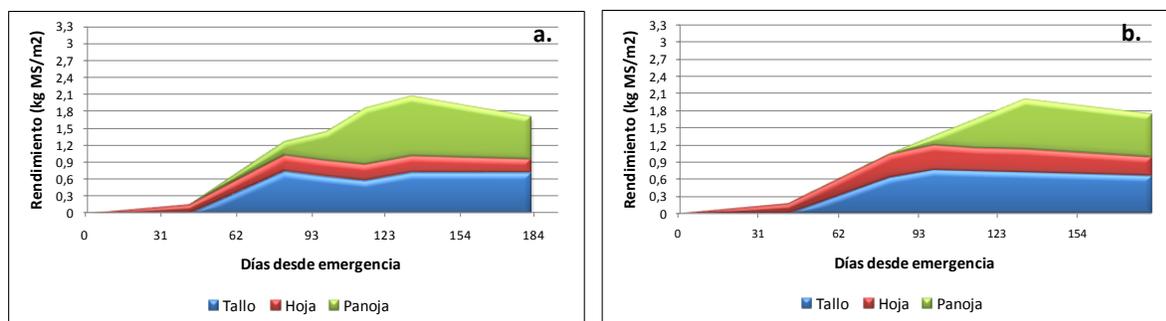


Figura 5: Materia seca acumulada (kg MS m^{-2}) y componentes (tallo, hoja y panoja) en híbridos doble propósito azucarado “a” y no azucarado “b”.

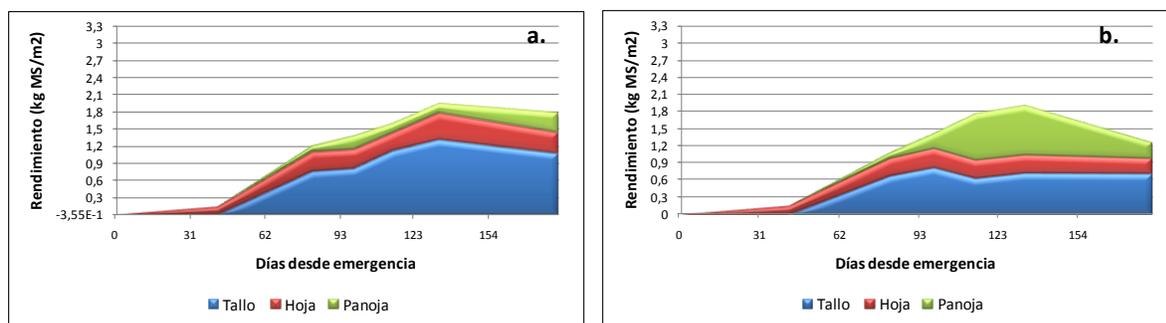


Figura 6: Materia seca acumulada (kg MS m^{-2}) y componentes (tallo, hoja y panoja) en híbridos sileros azucarado “a” y no azucarado “b”.

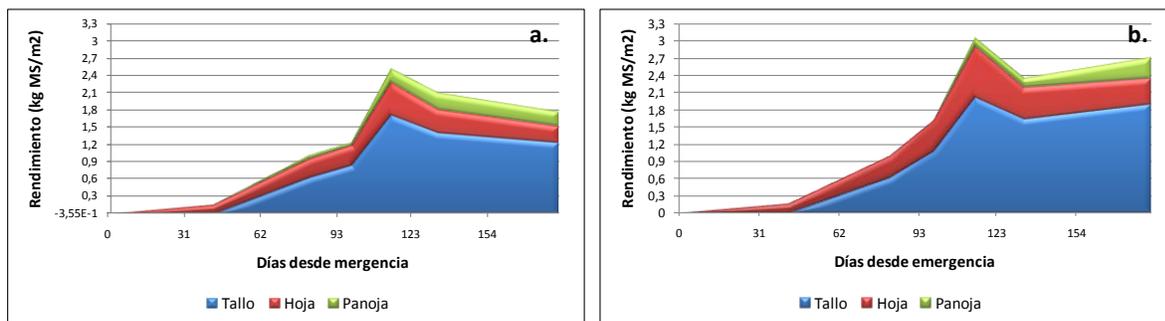


Figura 7: Materia seca acumulada (kg MS m⁻²) y componentes (tallo, hoja y panoja) en híbridos fotosensitivos azucarado “a” y no azucarado “b”.

En resumen, lo observado indica que la proporción de los componentes morfológicos se modificó en relación al estado fenológico del cultivo, demostrando que existen diferencias en el crecimiento entre tipos de híbridos. Éste es un punto a tener en cuenta a la hora de elegir un híbrido para confeccionar un silo, debido a que la calidad de la fracción morfológica que predomine será determinante en la calidad del silo. Del mismo modo, resulta importante la elección del momento óptimo de corte, a los fines de lograr una adecuada proporción de componentes morfológicos.

En la Figura 8 se resumen las comparaciones entre híbridos con relación a la proporción de componentes morfológicos (en porcentaje y kg MS m⁻²) al momento óptimo de corte.

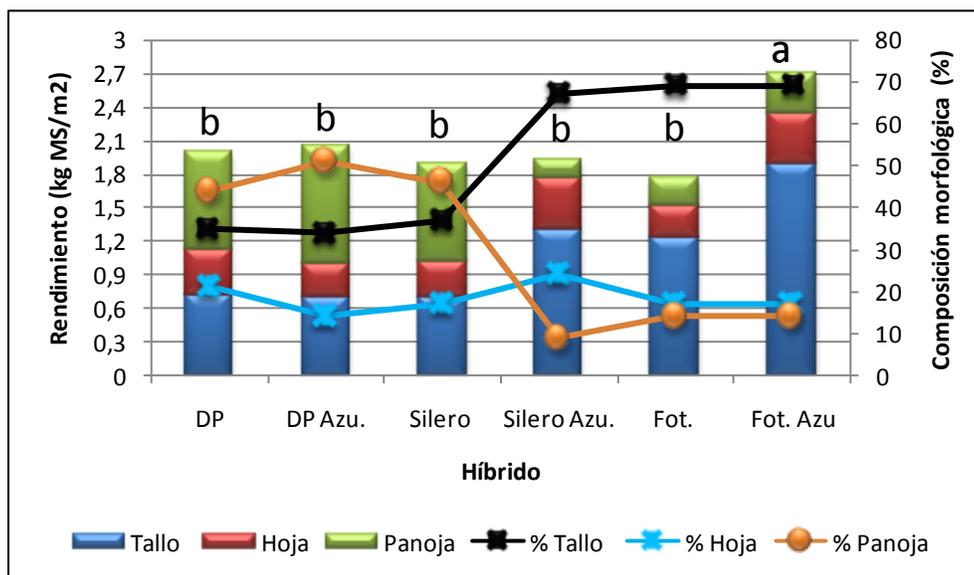


Figura 8: Aporte porcentual de los componentes morfológicos y en kg MS m⁻² para el momento óptimo de corte (MOC). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre rendimientos de híbridos.

En la Figura 8 se pueden apreciar los resultados de la materia seca total de los diferentes híbridos. Se detectaron diferencias significativas para un sólo híbrido. El material ADV 2900 (Fot. Azu) es el que presentó el mayor rendimiento de MS, seguido por el resto de los híbridos entre los que no se encontró diferencias significativas. La ventaja del material fotosensitivo azucarado podría deberse a que el sorgo se desarrolla bien en terrenos alcalinos, sobre todo las variedades azucaradas que exigen la presencia en el suelo de carbonato cálcico, lo que aumenta el contenido de sacarosa en tallos y hojas. Se adapta mejor a suelos profundos, sin exceso de sales, con buen drenaje, sin capas endurecidas, de buena fertilidad y un pH comprendido entre 6,2 y 7,8

(González, 2013). Los suelos en donde se hizo el ensayo responden a esas características, aunque éste fue el único caso que se puede afirmar estadísticamente, que se benefició ante tales condiciones.

Los híbridos DP presentaron un porcentaje de panoja mayor al resto, que alcanzó 51% en los azucarados y 44% en los no azucarados. En este sentido, los DP consiguieron una mayor relación grano/planta entera, con una producción total de materia seca de 2 kg MS m⁻². Es importante destacar, que el porcentaje de tallo también fue alto en ambos materiales (35%).

En cambio, en el caso de los fotosensitivos el principal componente de la planta fue el tallo, cuya proporción alcanzó el 69% de la materia seca. Por lo tanto, en este caso, el tallo aporta la mayor cantidad del material a ensilar, lo que significa que la calidad del silo va a depender en gran medida de la calidad de éste. Esto se puede reafirmar en los trabajos realizados por Cuminns (1981), Borges (1995), Ressia (2007), Funaro y Suárez, (2016), Kent (2016).

Lo mismo sucedió con el híbrido silero azucarado, donde el porcentaje de T fue de 67% al estado fenológico de grano pastoso, es decir donde se presenta el momento óptimo de corte para ensilaje. En cambio, el híbrido silero no azucarado, aportó un 37% del rendimiento con la fracción T y un 46% con la fracción reproductiva (P) de los componentes morfológicos.

Lo expuesto anteriormente, deja en claro que existen diferencias entre híbridos con respecto a la proporción de los componentes morfológicos en el volumen de forraje producido.

Contenido de carbohidratos no estructurales (grados brix)

Según Kent (2016), la concentración de carbohidratos no estructurales, en forma de azúcares simples, es otra variable de interés en la búsqueda de mayor calidad de forraje. Los sorgos azucarados presentan buenas cualidades para la confección de ensilaje. Este tipo de azúcares son rápidamente fermentados acelerando la primera etapa del ensilado, donde la rápida eliminación del oxígeno y disminución del pH es prioritaria. La acumulación y concentración de azúcar en tallo no se vería afectada por condiciones ambientales desfavorables, como la sequía y bajas temperaturas, cuestión que afecta significativamente a los sorgos graníferos y doble propósito (Melín, 2009). La calidad de los ensilajes de sorgo azucarado es equiparable, según Garrett y Worker (1965), a la de los híbridos con elevado contenido de grano, al conformar dietas en base ensilaje. Otros trabajos, como el de Ressa, (2007), obtuvieron similar digestibilidad in vivo al comparar un ensilaje de sorgo azucarado, versus uno con el carácter BMR y otro de tipo granífero.

La lectura de los grados brix se realizó a campo en tres fechas de muestreo diferentes, registrando el valor observado en el refractómetro de mano (Cuadro 2). A partir de estos datos, se calculó la cantidad de kilogramos de azúcar producido en los tallos (Cuadro 3), teniendo en cuenta que 10 grados brix equivalen a 10% de carbohidratos solubles (Boulton, et al. 1999).

Los genotipos de sorgo difieren, fundamentalmente, en su capacidad de producción de grano y en la concentración de carbohidratos solubles en el tallo (Serafim et al., 2000). Estas características determinan diferente dinámica de acumulación de carbohidratos solubles en la planta. Los híbridos graníferos destinan la mayor parte de los fotoasimilados hacia los granos, aumentando su proporción en la planta, y disminuyendo la calidad de las fracciones H y T (Cummins, 1981). Torrecillas (2004) también indica que sorgos con mayor producción de grano manifiestan elevada translocación de fotosintatos desde la estructura vegetativa a la reproductiva, provocando una disminución significativa de la calidad de la fracción vegetativa.

Por el contrario, algunos autores como Cummins (1981), Ressia (2007) y Kent (2016), postulan que los híbridos forrajeros, con baja o nula producción de grano, tienden a poseer una mayor calidad de la fracción vegetativa con la madurez, principalmente por una mayor calidad del tallo, como lo es en los híbridos fotosensitivos principalmente e híbridos azucarados en general.

Cuadro 2: Grados brix para diferentes momentos de muestreo en híbridos de sorgo. ^{abc}Letras distintas en la misma columna difieren significativamente ($p < 0.05$). El recuadro señala el MOC de cada híbrido.

Híbrido	Fecha de muestreo		
	18/02/2015	21/03/2015	29/05/2015
DP Azucarado	10,8 ab	6,7 b	15,3 ab
DP	8,7 bc	9,7 b	17,1 a
Silero	11,3 a	7,8 b	17,6 a
Silero Azucarado	8,3 c	17,9 a	14,6 ab
Fotosensitivo	8,8 bc	11,3 b	13,3 b
Fotosensitivo azucarado	8,5 c	8,4 b	14,1 ab

Cuadro 3: Producción de azúcares en tallo (Kg azúcar m^{-2}) para diferentes momentos de muestreo en híbridos de sorgo. ^{abc}Letras distintas en la misma columna representan diferencias altamente significativas ($p < 0.01$). El recuadro señala el MOC de cada híbrido.

Híbrido	Fecha de muestreo		
	18/02/2015	21/03/2015	29/05/2015
DP Azucarado	0,107 a	0,099 b	0,234 b
DP	0,072 c	0,121 b	0,251 b
Silero	0,093 ab	0,101 b	0,192 b
Silero Azucarado	0,083 bc	0,211 a	0,237 b
Fotosensitivo	0,073 bc	0,216 a	0,221 b
Fotosensitivo azucarado	0,072 bc	0,211 a	0,352 a

Como se observa en el Cuadro 2, la estimación del contenido de azúcares en tallo, a partir del método de los grados brix, mostró un comportamiento errático con respecto a valores esperados, dado que su exactitud varió con el tipo de híbrido evaluado, momento de muestreo, altura de muestreo (n° de nudo) y condiciones ambientales. Esto puede deberse a errores experimentales propios al momento de la toma de muestras, el modo en que se llevaron a cabo, o una distorsión provocada por el contenido hídrico de los tallos. Por ende, no se pudo arribar a una conclusión lógica o convincente, probablemente debido a que los diferentes híbridos presentaron, al momento de muestro, diferencias en el porcentaje de agua en tallo afectando la concentración de los azúcares.

Sin embargo, al calcular la producción de carbohidratos solubles por unidad de área (Cuadro 3) se encontró relación entre los resultados de este trabajo y la bibliografía consultada. Al igual que lo señalado por Cummins (1981), los híbridos aumentaron la producción de azúcar hacia la madurez, donde se detectó la mayor acumulación. Dicho momento se visualiza en la última fecha de muestreo (29/05/2015), donde el híbrido forrajero fotosensitivo azucarado presentó diferencias altamente significativas con respecto al resto. Tal como lo confirmó Borges (1995), las variedades de tallos suculentos y azucarados, y de porte alto, tienen generalmente concentraciones de carbohidratos solubles más elevadas, lo que podría favorecer la fermentación láctica, más que la influencia de los tenores de MS. Además, se pudo confirmar que la acumulación y concentración de azúcar en tallo no se vio afectada por condiciones ambientales

desfavorables, como la sequía y bajas temperaturas, cuestión que afecta significativamente a los sorgos graníferos y doble propósito (Melín, 2009).

En la fecha de muestreo intermedia (21/03/2015), se destacaron dos híbridos azucarados (fotosensitivo y silero azucarados) y uno sin azúcar (fotosensitivo), lo cual era de esperarse ya que como se mencionó anteriormente, estos híbridos destinan mayor cantidad de fotoasimilados a la formación de reservas, en forma de carbohidratos solubles en tallo. En cambio, en los híbridos doble propósito y el híbrido silero sin azúcar, la formación de granos demanda una mayor cantidad de fotoasimilados (Cummins, 1981; Ressia, 2007), por lo tanto, se observa un descenso en la concentración de azúcares en tallo debido a la traslocación.

Por último, en la primera fecha de muestreo (18/02/2015), hubo mayor disparidad en los resultados, lo cual pudo deberse al estado de inmadurez de los híbridos, en el cual aún están creciendo y no han definido el rendimiento. El híbrido que se vio más favorecido con respecto al resto ($p < 0.01$) fue el DP azucarado, lo cual se puede explicar porque estos híbridos durante los primeros estados fenológicos acumulan carbohidratos no estructurales en tallo, que luego de floración, comienzan a ser removilizados hacia la panoja para la formación de granos, que es uno de los principales destinos (como también puede observarse en la Figura 5 a.) (Torrecillas, 2004). En cambio, el DP sin azúcar fue el que menos producción de azúcares presentó. El segundo, en orden decreciente, fue el silero sin azúcar, seguido por el resto de los híbridos.

Calidad forrajera de la biomasa total y sus componentes individuales

La calidad nutricional de los diferentes tipos de sorgo es variable, producto del mejoramiento genético direccionado a distintas utilidades. En sorgos seleccionados para la producción de grano, Torrecillas (2004) manifiesta una escasa información en cuanto a su aptitud forrajera. Entre los aspectos indica la calidad de la hoja y tallo, en los distintos momentos fisiológicos, la relación de madurez del grano y contenido de MS de la planta completa, el rendimiento de MS de los componentes por separado y la calidad nutritiva de los mismos. Para este tipo de híbridos, de elevada translocación de fotosintatos desde la estructura vegetativa a la reproductiva, Torrecillas (2004) indicó una disminución significativa de la calidad de la fracción vegetativa.

Las fracciones de H y T, en la planta de sorgo, pueden llegar a constituir del 50 al 100 % de la MS de la planta (Stritzler et al., 2011). Nutricionalmente es importante distinguir, en la célula vegetal de tales fracciones, la participación de los carbohidratos estructurales y los no estructurales. Los primeros se corresponden con la pared celular (PC), constituida principalmente por polisacáridos como celulosa, hemicelulosas y pectinas, los que pueden representar entre el 30 y 80 % del peso de la MO. La otra fracción se denomina contenido celular (CC), y lo constituyen moléculas de proteínas, almidón, oligosacáridos, azúcares, lípidos, ácidos orgánicos y minerales solubles. Estas fracciones, conforme avanza la madurez de la planta, van modificando sus

proporciones, con una tendencia hacia el aumento de PC y la disminución de CC (Stritzler et al., 2011).

Para que un ensilaje sea considerado de buena calidad, es necesario que preserve al máximo posible las características nutricionales del material original. Esto ocurre cuando se logran reducciones en la respiración del tejido de la planta, lo más rápido posible, en la actividad proteolítica y en el desarrollo de clostridios (Borges, 1995), lo que se obtiene con el rápido descenso del pH luego del ensilaje (3,6 – 4,0) (McDonald et al., 1991).

Un factor importante que determina el tipo de fermentación, en el proceso de ensilaje, es el tenor de materia seca de la planta (Ribeiro Pereira et al., 2007). En ensilajes muy húmedos, los efluentes generados varían de 1 a 11% de la MS, y contienen la mayoría de los componentes solubles del forraje, como azúcares, ácidos orgánicos, proteínas y otros compuestos nitrogenados (McDonald et al., 1991). En base a una ecuación propuesta por Bastimam y Altman (1985), citados por Xiccato et al. (1994), se estimó que las pérdidas por efluentes son muy pequeñas cuando el contenido de MS del forraje es superior a 25%, y su producción virtualmente cesa con 29% de MS. Según Paiva (1976), ensilajes de sorgo forrajero de buena calidad deben tener entre 30-40% de MS. Ensilajes que presentan humedad muy alta tienen una serie de desventajas: primero, ensilajes muy húmedos tienen un costo de producción mayor, pues el transporte por cantidad de MS resulta más caro debido a la cantidad de agua contenida; segundo, el pH de

ensilajes muy húmedos tiende a ser mayor que el de aquellos con un nivel de humedad adecuado, lo que provoca el crecimiento de *Clostridia* spp. (Ribeiro Pereira, et al. 2007). Estas bacterias son indeseables porque producen ácido butírico y degradan la fracción proteica, con la consecuente reducción del valor nutritivo del ensilaje; tercero, aun cuando la concentración de carbohidratos solubles sea suficiente para promover la fermentación láctica, su consumo voluntario se verá disminuido; cuarto, ensilajes muy húmedos producen efluentes que llevan a una pérdida de nutrientes de alta digestibilidad por lavado (McDonald et al., 1991).

Por otro lado, niveles muy bajos de MS, dificultan la compactación rápida de la masa ensilada y un material más verde (entre 30 y 40% MS) será más fácil de compactar. Destacando que la diferencia entre un silo bien compactado y uno mal compactado puede tener una variación del 6 % en la digestibilidad del forraje conservado (Romero, 2004).

En los sorgos, el tenor de MS varía con la edad de corte y con la naturaleza del tallo de la planta. Si se toma en cuenta solamente el tenor de MS de la planta, el estado de grano pastoso es el mejor indicador para confección de ensilajes de sorgos que contengan elevada proporción de P (cercano al 50%), como sileros y doble propósito (Carvalho et al., 1992). El estado de madurez del grano, al momento del picado del cultivo, es determinante de la eficiencia con que se utilizan sus nutrientes en el tracto digestivo del ganado. La ineficiencia aumenta cuando el grano pasa del estado pastoso a duro (Kent, 2016). Varios autores como: Montiel y Elizalde, 2004; Torrecillas,

2004, caracterizan al grano duro con un endosperma periférico extremadamente duro, denso y resistente a la entrada de agua, siendo esta condición determinante en la degradación ruminal del almidón. La alteración física de esta zona es la que generaría una respuesta positiva aumentando la digestión de los nutrientes. Una particularidad de la especie es la floración progresiva desde el ápice hacia la base de la panoja, y su consecuente llenado de grano (Colazo et al., 2012). Por esta razón, es habitual encontrar granos en estado lechoso en la base de la panoja, cuando los del ápice ya están duros.

Para la evaluación de calidad del forraje, se tomaron como parámetros a la concentración de PB y a la DMS.

En los cuadros 4, 5 y 6 se presentan los valores promedios de variables de calidad observados en los distintos cortes, agrupados por tipos de sorgos.

Cuadro 4: Análisis de la calidad forrajera de la biomasa total (BT) y sus componentes individuales (Hoja “H”, Tallo “T” y Panoja “P”) de la fecha 21/03/2015 (Laboratorio de INTA EEA Anguil). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre híbridos.

Híbrido	DMS (%)				PB (%)			
	H	T	P	BT	H	T	P	BT
DP	59,5 a	62,4 b	77,4 a	66,4 a	9,0 bc	3,2 ab	9,7 b	7,3 a
DP Azu.	60,6 a	59,2 bc	78,8 a	66,2 a	8,7 c	3,1 ab	9,0 b	6,9 a
Silero	60,5 a	56,3 c	78,5 a	65,1 a	7,7 c	2,1 b	8,1 b	6,0 a
Silero Azu.	60,5 a	68,4 a	60,2 c	63,0 a	12,0 a	4,1 a	7,7 b	8,9 a
FF	58,9 a	62,2 b	72,4 b	63,5 a	11,8 a	3,0 ab	13,3 a	8,9 a
FF Azu.	58,2 a	61,8 b	70,3 b	62,0 a	11,0 ab	4,0 a	12,1 a	8,5 a

Cuadro 5: Análisis de la calidad forrajera de la biomasa total (BT) y sus componentes individuales (Hoja “H”, Tallo “T” y Panoja “P”) de la fecha 10/04/2015 (Laboratorio de INTA EEA Anguil). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre híbridos.

Híbrido	DMS (%)				PB (%)			
	H	T	P	BT	H	T	P	BT
DP	59,4 a	65,0 b	74,8 ab	66,4 a	7,9 ab	2,4 b	12,3 a	7,5 a
DP Azu.	60,8 a	66,2 ab	70,6 bc	65,6 a	9,3 a	3,7 ab	11,0 a	7,8 a
Silero	62,3 a	71,5 ab	62,6 c	65,5 a	9,2 a	3,7 ab	7,6 b	6,8 a
Silero Azu.	60,6 a	65,6 b	79,6 a	68,6 a	6,6 b	2,8 b	8,4 b	6,0 a
FF	61,2 a	66,1 ab	78,3 ab	68,5 a	6,5 b	4,2 ab	7,5 b	6,0 a
FF Azu.	62,5 a	72,5 a	80,8 a	71,9 a	6,6 b	4,9 a	8,6 b	6,7 a

Cuadro 6: Análisis de la calidad forrajera de la biomasa total (BT) y sus componentes individuales (Hoja “H”, Tallo “T” y Panoja “P”) de la fecha 29/05/2015 (Laboratorio de INTA EEA Anguil). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre híbridos.

Híbrido	DMS (%)				PB (%)			
	H	T	P	BT	H	T	P	BT
DP	56,6 a	62,2 bc	80,2 ab	66,3 a	6,9 a	2,3 ab	8,4 a	5,8 a
DP Azu.	57,2 a	64,8 ab	79,4 ab	67,1 a	6,5 a	2,1 b	8,2 a	5,6 a
Silero	58,6 a	63,2 abc	76,0 b	65,9 a	7,1 a	2,1 b	8,8 a	6,0 a
Silero Azu.	57,5 a	64,7 ab	79,9 ab	67,4 a	8,5 a	3,4 a	9,1 a	7,0 a
FF	58,1 a	60,6 c	82,1 a	66,9 a	8,1 a	1,9 b	11,5 a	7,1 a
FF Azu.	55,1 a	65,6 a	77,4 ab	66,0 a	7,5 a	2,6 ab	10,9 a	7,0 a

Como se observa en el Cuadro 4, la DMS de la BT y del componente H exhibió valores de 62 a 66,4 % y de 58,2 a 60,6 % respectivamente, y no se encontraron diferencias significativas. En los componentes individuales T y P, se encontraron diferencias significativas, la DMS del T fue de

56,3 a 68,4 % (siendo el Silero Azu. el de mayor valor) y la P de 60,2 a 78,8 % (siendo DP, DP Azu. y Silero los que presentaron un porcentaje mayor). En cuanto a concentración de PB de la BT, no se encontraron diferencias significativas. En cambio, en los componentes T, H y P, se encontraron diferencias significativas, cuyos porcentajes van de 3,0 a 4,1%, de 7,7 a 12,0% (siendo el Silero Azu. el que presentó mayor valor en ambos casos) y de 7,7 a 13,3% (siendo los de mayor valor FF y FF Azu.), respectivamente.

En el Cuadro 5, se puede observar que la DMS de la BT y del componente H, no hay diferencias significativas, se encontraron diferencias en los componentes T y P, siendo los porcentajes de 65,0 a 72,5% y de 62,6 a 80,8% respectivamente (para ambos el de mayor valor es FF Azu.). En cuanto a PB no se encontraron diferencias significativas para BT, pero si entre los componentes. La PB de H fue de 6,6 a 9,3%, la de T de 2,4 a 4,9 y en la P de 7,5 a 12,3%.

En el Cuadro 6, la DMS no se encontró diferencia significativa para BT ni para H, pero si para P y T, sus valores van de 76,0 a 82,1% y de 60,6 a 65,6% respectivamente. Para PB solo se observaron diferencias significativas en T con valores que van de 2,1 a 3,4%, siendo el de mayor valor el Silero Azu.

En el Cuadro 7 se presenta la evolución de la calidad forrajera a través del tiempo, con valores promedios de todos los híbridos. Se realizó un análisis para cada uno de los híbridos a través del tiempo, pero no se encontraron diferencias significativas.

Cuadro 7: Análisis de variación de calidad en el tiempo de la BT y los componentes. Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre híbridos.

Fecha	DMS (%)				PB (%)			
	H	T	P	BT	H	T	P	BT
21-mar	59,7 a	61,7 b	73,2 b	64,5 b	10,0 a	3,3 a	9,6 a	7,5 a
10-abr	61,1 a	67,8 a	74,5 b	67,8 a	7,7 b	3,6 a	9,2 a	6,8 ab
29-may	57,2 b	63,5 b	79,2 a	66,6 ab	7,4 b	2,4 b	9,5 a	6,4 b

En el Cuadro 7 se puede observar que, conforme avanza el estado de madurez del cultivo, la DMS de la BT es máxima en la fecha de corte intermedia con un valor de 67,8%; en cuanto a la DMS de los componentes, en todas las fechas de corte el porcentaje fue mayor en P, siendo la última fecha de corte la que presentó el valor máximo (79,2%), y el componente de menor DMS en todas las fechas fue la H.

La DMS de BT, en las distintas fechas evaluadas, no mostró diferencias significativas entre los híbridos. Este resultado llamó la atención porque se esperaba que el material BMR se distinguiera en este aspecto, ya que presenta entre un 5 y un 50% menos de lignina (componente de la pared

celular totalmente indigestible por los rumiantes) en H y T, lo cual significaría una ganancia de hasta el 10% en la digestibilidad de la materia seca (Giorda y Cordés, 2008). Como efecto negativo, Bean (2007) ha determinado un menor rendimiento de MS respecto de los sorgos no BMR, con valores entre 10 y 11 % en la mayoría de los años, y con incrementos de hasta 26 % en los años bajo condiciones ambientales desfavorables. Además, advierte que, hay un importante solapamiento entre sorgos BMR y no BMR, respecto al rendimiento y DMS, por lo cual, no siempre, los que tienen el carácter bajo tenor de ligninas producirán menos MS y de mayor DMS que los que no lo tienen (lo cual concuerda con los datos presentados en el presente trabajo). Esto se demuestra porque los niveles medios de lignina en todos los materiales fueron similares, y con ello la DMS. Sin embargo, si analizamos sólo el T, vemos que el FF Azu. (BMR) se destaca en todas las fechas, este dato es de suma importancia dada la alta proporción de T que presentó este material. Otro dato a tener en cuenta es que, si bien la DMS de la P fue la más alta, en muchos de los híbridos representa una escasa proporción de la MS total (como por ejemplo los FF). En la evolución de DMS para H, T y BT entre cortes, se observa primero un aumento y luego una disminución de la misma conforme a los cortes realizados, atribuyéndose ese comportamiento al envejecimiento de las plantas

En lo que respecta a la PB, se concluye que a medida que avanza el estado de madurez fisiológica, se observa una merma en el porcentaje de PB de la BT. Estos resultados coinciden con la información de la bibliografía consultada. Esta merma de PB podría atribuirse a varios

factores. Uno de ellos pudo ser la disponibilidad de nitratos al inicio del cultivo (barbecho, mineralización, humedad). Otro factor posible es que al envejecer la planta, su porcentaje de PB disminuya (Fernández Mayer, 2006). Sin embargo, la concentración de PB de la P se mantuvo a través del tiempo, mientras que en T y H disminuyó.

Para mostrar la relación entre producción de biomasa (particionada en componentes morfológicos) y calidad (DMS y PB), se detallan en el cuadro 8 los valores promedios obtenidos en el MOC de cada híbrido.

Cuadro 8: Producción de biomasa y calidad en el MOC.

Tipo de Híbrido	Contenido de azúcar	Híbrido	Fraccion morfológica	Cortes (Kg MS/m ²)	DMS (%)	PB (%)
				MOC	MOC	MOC
Doble propósito	Sin azúcar	155	Tallo	0,71	66,2	2,1
			Hoja	0,41	60,8	6,5
			Panoja	0,88	70,6	8,2
	Con azúcar	151	Tallo	0,71	65	2,3
			Hoja	0,29	59,4	6,9
			Panoja	1,05	74,8	8,4
Silero	Sin azúcar	160	Tallo	0,70	71,5	2,1
			Hoja	0,32	62,3	7,1
			Panoja	0,86	62,6	8,8
	Con azúcar	163	Tallo	1,30	65,6	3,4
			Hoja	0,46	60,6	8,5
			Panoja	0,17	79,6	9,1
Fotosensitivo	Sin azúcar	180	Tallo	1,23	60,6	1,9
			Hoja	0,29	58,1	8,1
			Panoja	0,25	82,1	11,5
	Con azúcar	2900	Tallo	1,88	65,6	2,6
			Hoja	0,46	55,1	7,5
			Panoja	0,36	77,4	10,9

En el Cuadro 8 se puede observar que el híbrido DP posee un similar rendimiento de MS, tanto en el híbrido azucarado como en el híbrido sin azúcar. La P es el componente que mayor aporte hace a la biomasa total (Figura 8), teniendo los mayores porcentajes de DMS y PB en ambos híbridos.

El Silero, en cambio, los híbridos con y sin azúcar se comportan de manera diferente. El híbrido sin azúcar posee una alta producción de T y P (83% del total). Aunque la P presentó mayor producción de MS que el T, su digestibilidad fue menor (62,6 vs. 71,5 % respectivamente), siendo la producción de MS digestible similar en ambos casos. En cuanto al nivel de proteína, se puede decir que la panoja es la que mayor aporte hace. En el Silero azucarado, el tallo realiza el mayor aporte en producción de MS (67%), con una buena digestibilidad, pero con bajo nivel proteico. El componente que mayor aporte hace en DMS y PB es la panoja, pero con 9% de participación en producción de biomasa.

Por último, el FF presentó un comportamiento similar en producción de componentes, pero en biomasa total hubo diferencias significativas a favor del azucarado (Figura 8), esto puede deberse según Stritzler et al. (2011), a que a medida que el CC aumenta los componentes de la PC disminuyen, variando la DMS. La DMS del tallo en ambos híbridos fue buena, aunque el azucarado presentó un valor mayor, además el componente de mayor digestibilidad y PB fue la P,

pero solo representó un 14% de la BT en ambos híbridos. Giorda y Cordés (2008), afirman que el carácter BMR y alto contenido de azúcar en T ha sido incorporado a los híbridos FF aumentando su DMS. Si bien Bean (2007) los destaca por elevado rendimiento MS, cuando se utilizan para ensilaje de planta entera los considera de baja DMS y elevado contenido de agua al momento de picado.

CONCLUSIONES

Como resultado global, los híbridos demostraron un muy buen comportamiento en producción de forraje y una buena calidad. La producción de biomasa por componentes botánicos presentó diferencias significativas en los diferentes híbridos evaluados.

La calidad (concentración de PB y DMS) de la BT no presentó diferencias significativas entre los híbridos. Sin embargo, para cada uno de los híbridos ensayados, se encontraron diferencias significativas en las mismas variables de calidad nutricional, para los componentes morfológicos H, T y P. Esto último se evidencio, tanto para la misma fecha de corte, como entre las distintas fechas de muestreo.

En la producción de azúcares, se observaron diferencias altamente significativas en la fracción T, a favor del Fotosensitivo Azucarado con respecto a los demás híbridos.

En líneas generales el híbrido Fotosensitivo Azucarado fue el que presentó un mejor comportamiento en cuanto a producción y calidad en el MOC. La producción de MS del híbrido, en ese momento, fue de 3,04 kg MS m⁻², de la cual el 62% estuvo representado por el componente T.

En lo que respecta a la calidad del híbrido Fotosensitivo Azucarado en el MOC, la DMS de la BT tomó valores del 66% (destacándose el componente P con 77,4%); en cuanto a la concentración de PB de la BT, los valores fueron del 7% (destacándose el componente P con 10,9%).

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez de Toledo, B.; Giancola, S.; Harttig, M.C.; Herrmann, E.; Juliá, M.; Marcos, C.; Martín, G.; Mejía, I.; Nitka, F.; Puiggari, M.; Ruiz Guñazú, F.; Teyssandier, E.; Trabucco, P. 1987. Producción de sorgo granífero. Cuaderno de Actualización técnica. INTA. 144 pp.
- Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Casanoves F., Di Rienzo J.A., Robledo C.W. 2005. Infostat. Manual del Usuario, Editorial Brujas, Córdoba, Argentina.
- Batisman, B.; Altman, J.F.B. 1985. Losses at various stages in silagemaking. *Res. Dev. Agric*, v.2. p.19-25.
- Bean B. 2007. Producing quality forage sorghum silage. Tenth Annual Conservation Systems Cotton & Rice Conference Proceedings Book. Pp. 48-49.
- Borges, A.L.C.C. 1995. Qualidade de silagens de híbridos de sorgo de porte alto, com diferentes teores de tanino e de umidade no colmo, e seus padrões de fermentação. 52f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- Boulton, R. B; Singleton, V. L.; Bisson, L. F.; Kunkee, R. E. 1999. Principles and practices of winemaking. University of California. Disponible en: [https://books.google.com.ar/books?id=3cHVBwAAQBAJ&pg=PP4&lpg=PP4&dq=Boulton,+Roger;+Vernon+Singleton;+Linda+Bisson;+Ralph+Kunkee+\(1996\).](https://books.google.com.ar/books?id=3cHVBwAAQBAJ&pg=PP4&lpg=PP4&dq=Boulton,+Roger;+Vernon+Singleton;+Linda+Bisson;+Ralph+Kunkee+(1996).) Fecha de consulta: 10/11/2016.

- Bouyoucus, G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agron. J.* 54: 464-465.
- Bruno, O.; Romero, L.; Gaggiotti, M.; Quaino, O. 1992. Cultivares de sorgos forrajeros para silaje. 1. Rendimiento de materia seca y valor nutritivo de la planta. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 12:157-162.
- Carrasco, N; Zamora, M.; Melin, A. 2011. Tipos de sorgos. Manual de sorgo. INTA. Capítulo 3 pp 15-19.
- Carvalho, D.D.; Andrade, J.B.; Biondi, P., 1992. Estádio de maturação na produção e qualidade de sorgo. I. Produção de matéria seca e de proteína bruta. *Bol. Ind. Anim.*, v.49, n.2. pp 91-99.
- Centeno, A., 2001. "Evaluación de sorgos para silos", en *Agromercado N° 62*, 2001, pp. 30-31.
- Chessa, A. 2013. Sorgo granífero. Disponible en: http://www.todoagro.com.ar/documentos/2013/SorgoGranifero_AlbertoChessa.pdf. Fecha de consulta: abril 2016.
- Colazo J.C., Saenz C., Herrero J. y Vergés A. 2012. Condiciones ambientales para el cultivo de sorgo. En: Colazo J.C., Garay J. y Veneciano J.H. *El cultivo de sorgo en San Luis*. Ediciones INTA, pp 19-25.

- Cummins, D.G. 1981. Yield and quality changes with maturity of silage-type sorghum fodder. *Agron. J.* 73:988-990.
- Díaz, M.G., Di Nucci, E., Pasinato, A. 2003. Evaluación de cultivares de sorgo para silaje campañas 2001/02 y 2002/2003. EEA Paraná. Disponible en: <http://agro.unc.edu.ar/~nutri/pdf/Sorgos%20I.pdf>. Fecha de consulta: mayo 2016.
- Di Buo, J. 2010. La Nueva generación de sorgos. Entrevista *Agronoa* 21.07.10. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Fecha de consulta: 19/11/2016.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>. Fecha de consulta: junio 2016.
- Dragún, P.; Moreno, A.M.; Picasso, S.; Lardizabal, J.; Gatti, N.; Tellechea, M.; Conti, A. 2010. Monitoreo y estudio de cadenas de valor ONCCA. Informe de sorgo. Buenos Aires (AR): ONCCA, 18 p.
- Fernández Mayer, A. E. 2006. La calidad nutricional de los alimentos y su efecto sobre la producción de carne y leche. Serie didáctica N 8. ISSN 0326-2626.47 pp.
- Funaro, D.O.; Suarez, A. 2016. Calidad del sorgo para silaje y sus componentes de rendimiento. EEA Anguil. Presentado en I Conferencia Internacional de Sorgo, III Simposio Nacional.
- Garret W.N. and Worker G.F. 1965. Comparative feeding value of silage made from sweet and dual-purpose varieties of sorghum. *J. Animal Sci.*, 24:782- 785.

- Giorda, L.M., (ed). 1997. Sorgo granífero. INTA Centro Regional Córdoba. EEA. Manfredi. 71pp.
- Giorda, L.M., y Cordes, G.G. 2005. Sorgo Forrajero en la Pampa Deprimida. 2005. Pag.63-79 en: Forrajes 2005. Seminario Técnico. Bs As 29-30/03. Technidea. 262 pp.
- Giorda, L.M., Cordes, G. 2008. Sorgo, un cultivo que se impone. EEA Manfredi. Disponible en: www.todoagro.com.ar. Fecha de consulta: abril 2016.
- González, M. 2013. Evaluación de rendimiento y calidad de sorgos forrajeros para pastoreo directo en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires [en línea]. Trabajo Final de Ingeniería en Producción Agropecuaria. Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Católica Argentina. Disponible en: <http://bibliotecadigital.uca.edu.ar/repositorio/tesis/evaluacionrendimiento-calidad-sorgos.pdf>. Fecha de consulta: 01/11/2016
- Kent, F. S. 2016. Influencia del tipo de sorgo sobre la calidad nutritiva del ensilaje y la respuesta productiva obtenida con novillos en terminación. Tesis para optar al grado académico de Magister en Ciencias Agropecuarias. UNC Facultad de Ciencias Agropecuarias. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/3950/Kent.%20Influencia%20del%20tipo%20de%20sorgo%20sobre%20la%20calidad%20nutritiva%20del%20ensilaje...%20%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Fecha de consulta: 01/11/2016.

- McDonald, P.; Henderson, A.R.; Heron, S. 1991. *The biochemistry of silage*. 2 ed. Marlow: Chalcombe Publications. 340p.
- Melín A. 2009. Azúcares en tallos de sorgo para silaje. Capítulo II. Calidad de silajes de sorgo. En: Sorgo en el Sur. Calidad Nutricional. Chacra Experimental Integrada Barrow y Chacra Experimental Coronel Suárez – Pasman, INTA. Pp. 14-17.
- Montiel M.D. y Elizalde J.C. 2004. Factores que afectan la utilización ruminal del grano de sorgo en vacunos. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 24: 1-20.
- Nússio, L.G. 1992. Produção de silagem de sorgo. IN: Manejo cultural do sorgo para forragem. *Circular Técnica, Embrapa/CNPMS*, n.17, P.53-55.
- Paiva, J.A.J. *Qualidade de silagem da região metalúrgica de Minas Gerais*. 1976, 43f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- Ressia, M.A. 2007. Digestibilidad in vivo de silajes de tres híbridos de sorgo cosechados en inicio de panojamiento y su comparación con estimaciones de métodos indirectos. EEA Balcarce. Trabajo de tesis de Maestría en Producción Animal UNMDP. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta_tesis_ressia_calidad_nutritiva_y_digestibili.pdf. Fecha de consulta: mayo 2016.
- Ribeiro Pereira, L. G.; Rodriguez, N. M.; Gonçalves, L. C.; Assis Pires, D. A. 2007. Consideraciones sobre ensilajes de sorgo. Jornada sobre Producción y Utilización de Ensilajes. Disponible en:

http://www.cpatsa.embrapa.br/public_eletronica/downloads/OPB1703.pdf. Fecha de consulta: 01/11/2016

- Rodríguez J.I., Borlandelli M.S. y Bertoia L.M. 2009. Maíz para silaje: tasa de secado y momento de corte en seis híbridos comerciales. 32° Congreso Argentino de Producción Animal, Malargüe, Mendoza, Argentina, Vol. 29, pp. 417-418.
- Romero, L. A. 2004. Calidad en forrajes conservados. Silajes de Sorgo. EEA INTA Rafaela. Disponible en: www.produccion-animal.com.ar. Fecha de consulta: 01/11/2016
- Romero, L. A.; Aronna, S. 2004. Implantación de sorgos forrajeros para silaje. INTA Rafaela. Proyecto regional de lechería. Disponible en: rafael.inta.gob.ar/info/documentos/cfc/doc6.pdf. Fecha de consulta: mayo 2016.
- Romero, L. A.; Bruno, O. A.; Comerón, E. A. y Gaggiotti, M. C. INTA Rafaela. 2000. Producción y calidad de distintos sorgos forrajeros para silaje. Infortambo, Nro 132, pag. 72
- Serafim, M.V.; Borges, I.; Goncalves, L.C.; Rodriguez, N.M.; Rodrigues, J.A.S. 2000. Desaparecimento in situ da matéria seca, proteína bruta, fração fibrosa das silagens de híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 52:634-640. Chessa, A. 2013. Sorgo granífero. Disponible en: http://www.todoagro.com.ar/documentos/2013/SorgoGranifero_AlbertoChessa.pdf. Fecha de consulta: abril 2016.

- Silva, F.F. 1997. *Qualidade das silagens de híbridos de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) de portes baixo, médio e alto com diferentes proporções de colmo + folhas/panículas.*, 47f. Dissertação (Mestrado em zootecnia) - Escola de Veterinária, UFMG. Belo Horizonte.
- Stritzler N.P., Rabotnikof C.M., Ferri C.M. y Pagella J.H. 2011. Los forrajes en la alimentación de rumiantes. En: Producción animal en pastoreo. INTA, Segundo edición. Pp. 155-180.
- Suárez A., D. Funaro, M. Diez, D. Canova, M. Saks, A. Quiroga. 2010. Maíz y sorgo. Análisis de factores que deben ser considerados al elaborar estrategias de producción. 1er Jornada Nacional de Forrajes Conservados, EEA INTA Manfredi, 29-33pp.
- Torrecillas, M. 2001. Las claves en los cultivos de sorgo destinados a reservas. Facultad de Ciencias Agrarias Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Disponible en: www.ipcva.com.ar. Fecha de acceso: abril 2016.
- Torrecillas M.G. 2004. El cultivo de sorgo como alternativa para ensilaje. Laboratorio NIRS - Facultad de Ciencias Agrarias – Universidad Nacional de Lomas de Zamora. Publicado en internet, disponible en <http://www.cerealesyforrajes.com.ar/TechNotes/PDF/TechNote04.PDF>. Activo enero 2015.
- Torrecillas M., Cantamutto M.A. and Bertoia L.M. 2011. Head and stover contribution to digestible dry matter yield on grain and dual-purpose sorghum crop. Australian Journal of Crop Science. Vol. 5, N° 2, pp. 116- 122.

- Veneciano, J.; Privitello, L.; Frigerio, K.; Guzmán, L.; Frasinelli, C.. 2012. Productividad y calidad de sorgos para silaje y diferidos en pie. Ensayo técnico. EEA INTA San Luis. El cultivo de Sorgo en San Luis. 75-79 pp.
- Walkley, A. y Black, I. 1934. An examination of the Degtjareff method and a proposed modification of the chromic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method.
- Xiccato, G.; Cinetto, M.; Carazzolo, A. 1994. The effect of silo type and drymatter content on the maize silage fermentation process and ensiling loss. Anim. Feed. Sci. Techn., n.49, p311- 323.