



*Universidad Nacional de Córdoba
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Escuela para Graduados*



**INFLUENCIA DEL TIPO DE SORGO SOBRE LA
CALIDAD NUTRITIVA DEL ENSILAJE, Y LA
RESPUESTA PRODUCTIVA OBTENIDA CON
NOVILLOS EN TERMINACIÓN**

Federico Santiago Kent

Tesis

Para optar al Grado Académico de
Magister en Ciencias Agropecuarias

Mención: Producción Animal

Córdoba, 2016

INFLUENCIA DEL TIPO DE SORGO SOBRE LA CALIDAD NUTRITIVA DEL ENSILAJE, Y LA RESPUESTA PRODUCTIVA OBTENIDA CON NOVILLOS EN TERMINACIÓN

Federico Santiago Kent

Comisión Asesora de Tesis:

Director: Ing. Agr. (Ph.D.) Aníbal Pordomingo

Asesores: Ing. Agr. (Ph.D.) Néstor Juan

Ing. Agr. (M.Sc.) Gonzalo Luna Pinto

Tribunal Examinador de Tesis

Ing. Agr. (M.Sc.) Gonzalo Luna Pinto

Ing. Agr. (M.Sc.) Andréa Pasinato

Ing. Agr. (M.Sc.) Carlos Vieyra

Presentación formal académica:

Junio, 2016

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Universidad Nacional de Córdoba

AGRADECIMIENTOS

A mi esposa, Adri, quien me acompaña en todos los sentidos.

A INTA, por brindarme esta oportunidad de crecimiento profesional, poniendo a disposición los recursos necesarios.

A mi director y asesores de tesis, Aníbal Pordomingo, Néstor Juan y Gonzalo Luna Pinto, quienes destinaron un tiempo importante para guiarme con mucha dedicación en esta etapa de formación.

A los integrantes del tribunal examinador de tesis, Gonzalo Luna Pinto, Andréa Pasinato y Carlos Vieyra, por sus valiosos aportes.

Al personal de campo y de laboratorio de forrajes de la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA, quienes tuvieron una gran responsabilidad en la generación de esta información.

A los compañeros extensionistas que colaboraron con la realización de encuestas.

A Francisco Babinec, por su colaboración profesional.

A mis compañeros de agencia de extensión, quienes colaboraron en múltiples formas.

A los productores que brindaron información de gran importancia para este trabajo.

A mis compañeros de formación, Guillermo Felice, Laura Fontana y Adriana Pordomingo, por compartir esta experiencia.

DEDICATORIA

A mi esposa, hijo, familia, amigos y compañeros de trabajo.

RESUMEN

El presente trabajo expone los resultados de tres actividades efectuadas con el objetivo de realizar un relevamiento regional de la producción y utilización del ensilaje, y evaluar la respuesta animal en etapa de terminación en dietas con alto contenido de ensilaje de sorgos contrastantes en su nivel de grano. En la primera se analizó información correspondiente a ensayos comparativos de rendimiento y calidad nutritiva de sorgos, para ensilaje, realizados en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA durante el lapso 2006-2011. La variable % Panoja presentó elevada correlación positiva (0,71) con el % de Digestibilidad de la Materia Seca; sin embargo, el análisis multivariado exceptuó en la correlación el rango que exhibe entre un 15 – 40 % de panoja. La segunda actividad consistió en un relevamiento sobre aspectos de confección, calidad nutritiva y utilización del ensilaje en la provincia de La Pampa; e indicó que el ensilaje de sorgo es utilizado en una alta proporción en dietas de terminación, principalmente se usa sorgo silero y en segundo lugar sorgo sudan. La tercera experiencia comprendió dos ensayos que evaluaron performance animal en etapa de terminación con dietas en base a ensilaje de sorgos. Se utilizaron novillos Aberdeen Angus de 279 ± 22 y 319 ± 19 kg PVinic en ambos ensayos, respectivamente. Los tratamientos se diferenciaron por el tipo de sorgo utilizado (granífero -Tgr-, silero -Tsil- y sudanense -Tsud-); pero fueron equivalentes en proteína. Los resultados del primer ensayo fueron 990, 983 y 1020 g/día, 8,87, 8,04 y 8,36 kg/d, y 8,95, 8,24 y 8,24 para Aumento de Peso Vivo Diario (APVD), Consumo de Materia Seca (CMS) e Índice de Consumo (IC), en Tgr, Tsil y Tsud, respectivamente. Las variables APVD e IC no se diferenciaron ($p > 0,05$), mientras que Tgr presentó un CMS superior ($p < 0,05$). En el segundo ensayo, fueron 701 y 611 g/día, 9,8 y 7,32 kg/día, y 14,1 y 12,7 para APVD, CMS e IC, para Tsil y Tsud, respectivamente. Las variables APVD e IC no se diferenciaron ($p > 0,05$), mientras que el CMS fue mayor en Tsil ($p < 0,05$). Se concluye que, las dietas que incluyen el ensilaje de sorgo en hasta un 80 % de su materia seca total, brindan una performance animal adecuada para novillos en etapa de terminación, independientemente del nivel de grano del cultivo ensilado.

Palabras clave: ensilaje, tipos de sorgo, dieta alta en fibra, novillo en terminación.

ABSTRACT

This paper presents the results of three activities carried out with the objective of achieving a regional survey about production and use of silage, and the assessment of steer's response at the termination stage, using diets with high sorghum silage content although contrasting their level of grain. The first activity consisted in the evaluation of yield and nutritional quality information of sorghum comparative trials carried out in the EEA INTA Anguil, for the period 2006-2011. The variable % of panicle exhibited high positive correlation (0.71) with the % of dry matter digestibility. However, the multivariate analysis excludes the range between 15 and 40% of panicle in such correlation. Second activity was a survey work through La Pampa province related to preparation, nutritional quality and usage of silage. Results indicated that sorghum silage is used in a high proportion in termination diets, mainly the "silero" sorghum type and sorghum sudangrass as second. The third activity involved two trials evaluation of steers performance based on sorghum silages diets during termination stage. Two groups of Aberdeen Angus steers were used with lived initial weights of 279 ± 22 and 319 ± 19 kg respectively. Treatments differed between types as: grain sorghum (Tgr), silage sorghum (Tsil) and sudangrass sorghum (Tsud). All diets were protein equivalent. First trial resulted of 990, 983 and 1020 grams per day (g/d) for Average Daily Gain (ADG), 8.87, 8.04 and 8.36 kilograms per day (kg/d) for Dry Matter Intake (DMI) and 8.95, 8.24 and 8.24 for Intake Index (IC) for Tgr, Tsil and Tsud respectively. ADG and IC showed no difference ($p > 0.05$) while Tgr presented a higher CMS ($p < 0.05$). The second trial resulted of: 701 and 611 g/d for ADG, 9.80 and 7.32 kg/d for DMI, and 14.1 and 12.7 for IC for Tsil and Tsud respectively. ADG and IC showed no difference ($p > 0.05$), but the DMI was higher for Tsil ($p < 0.05$). It can be concluded that diets including sorghum silage up to 80% of their total dry matter, provide adequate steers performance for termination stage, regardless of the grain content into the crop silage.

Key Words: silage, sorghum types, high fiber diets, termination stage steer.

TABLA DE CONTENIDOS

CAPÍTULO 1 – INTRODUCCIÓN.....	1
Antecedentes.....	1
El cultivo de sorgo.....	1
Rol del ensilaje en la ganadería argentina.....	4
Calidad nutritiva del ensilaje de sorgo.....	7
Aporte nutritivo del grano de sorgo en el ensilado.....	8
Aporte nutritivo de la hoja y tallo de sorgo en el ensilado.....	9
Performance animal con dietas en base a ensilaje de sorgo.....	12
Producción y calidad nutritiva de híbridos de sorgo evaluados en ensayos comparativos realizados en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA.....	16
Relevamiento provincial sobre la confección, calidad nutritiva y utilización de ensilaje de planta entera de sorgo y maíz en los sistemas productivos de la provincia de La Pampa.....	17
Propuesta de trabajo.....	17
Hipótesis.....	19
Objetivos.....	19
 CAPÍTULO 2 – MATERIALES Y MÉTODOS.....	 20
Producción y calidad nutritiva de híbridos de sorgo evaluados en ensayos comparativos realizados en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA.....	20
Relevamiento provincial sobre la confección, calidad nutritiva y utilización de ensilaje de planta entera en los sistemas productivos.....	21
Respuesta animal (consumo, aumento de peso y eficiencia de conversión) obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgos contrastantes en su nivel de grano.....	23
Sitio experimental, duración y finalización de los ensayos.....	23

Animales.....	23
Cultivos de sorgo y ensilado.....	23
Calidad nutricional de los ingredientes de la dieta.....	25
Tratamientos y dieta.....	26
Peso de animales por tratamiento y bloque.....	27
Mediciones.....	28
Calidad nutricional de la dieta.....	28
Suministro de alimento.....	28
Consumo de alimento.....	28
Pesadas.....	29
Diseño experimental y análisis estadístico.....	29
 CAPÍTULO 3 – RESULTADOS.....	 30
Producción y calidad nutritiva de híbridos de sorgo evaluados en ensayos comparativos realizados en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA....	30
Análisis descriptivo.....	30
Análisis multivariado.....	32
Relevamiento provincial sobre la confección, calidad nutritiva y utilización de ensilaje de planta entera en los sistemas productivos.....	35
Encuesta 1 (E1).....	35
Encuesta 2 (E2).....	37
Digestibilidad de la materia seca de los ensilajes.....	38
Proteína bruta de los ensilajes.....	42
Contenido de materia seca en los ensilajes.....	46

Respuesta animal (consumo, aumento de peso y eficiencia de conversión) obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgo contrastantes en su nivel de grano.....	49
Ensayo 1.....	49
Calidad nutricional de las dietas.....	49
Resultados.....	49
Ensayo 2.....	50
Calidad nutricional de las dietas.....	50
Resultados.....	50
CAPÍTULO 4 – DISCUSIÓN.....	51
Utilización del ensilaje en los sistemas productivos.....	51
Diferencia nutritiva entre tipos de sorgos, antes y después del ensilado.....	54
Performance animal obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgo contrastantes en su nivel de grano.....	58
CAPÍTULO 5 – CONCLUSIÓN.....	61
Bibliografía.....	62

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1: Cultivos ensilados y utilizados en el ensayo 1. Proporción, sobre la planta entera, de las fracciones hoja, tallo y panoja (en base seca), altura de planta, nivel de materia seca (% MS) por fracciones y producción de materia seca (Prod MS/ha).....	24
Tabla 2.2: Cultivos ensilados y utilizados en el ensayo 2. Proporción, sobre la planta entera, de las fracciones hoja, tallo y panoja (en base seca), altura de planta, nivel de materia seca (% MS) por fracciones y producción de materia seca (Prod MS/ha).....	25
Tabla 2.3: Composición proximal de los ingredientes de la dieta en los ensayos 1 y 2.....	26
Tabla 2.4: Composición porcentual (en base seca) de los ingredientes en las dietas para el ensayo 1 y 2.....	27
Tabla 2.5: Peso vivo inicial (kg) promedio de los novillos por tratamiento y bloque.....	27
Tabla 3.1: Análisis descriptivo de los híbridos de sorgo para ensilaje evaluados en cinco años (2006-7 a 2010-11).....	30
Tabla 3.2: Coeficientes de correlación y probabilidad de Pearson entre diferentes parámetros medidos en híbridos de sorgo evaluados en cinco años (de 2006-7 a 2010-11).....	31
Tabla 3.3: Análisis de Componentes Principales: Autovalores. Híbridos de sorgo para ensilaje evaluados en cinco años (2006-7 a 2010-11). Las variables incluidas fueron altura, % de hoja, tallo y panoja, % materia seca, producción de materia seca y verde, proteína bruta y digestibilidad de la materia seca.....	32
Tabla 3.4: Análisis de Componentes Principales: Autovectores. Híbridos de sorgo para ensilaje evaluados en cinco años (2006-7 a 2010-11). Las variables incluidas fueron altura, % de hoja, tallo y panoja, % materia seca, producción de materia seca y verde, proteína bruta y digestibilidad de la materia seca.....	33

Tabla 3.5: Cantidad y proporción de dietas relevadas, por categoría animal, en que el ensilaje estuvo presente (de los 37 E1).....	35
Tabla 3.6: Productores que habían analizado previamente la calidad de su ensilaje, su resultado para las variables DMS y PB según la muestra en el relevamiento realizado, y si lo combinaron con otro alimento en la dieta, y si este fue de características energéticas o proteicas.....	37
Tabla 3.7: Cantidad y proporción de ensilajes por especie y tipo de híbrido.....	38
Tabla 3.8: Digestibilidad de la materia seca, por especie, de ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla certificada.....	39
Tabla 3.9: Digestibilidad de la materia seca, por especie, de los ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla sin certificar.....	39
Tabla 3.10: Digestibilidad de la materia seca de los ensilajes de sorgo por tipo de semilla (certificada o no).....	39
Tabla 3.11: Digestibilidad de la materia seca de los ensilajes de maíz por tipo de semilla, certificada o no.....	39
Tabla 3.12: Digestibilidad de la materia seca de los ensilajes por tipo de híbrido y especie.....	40
Tabla 3.13: % Digestibilidad de la materia seca, según el estado del grano al momento del picado ensilado de los cultivos de sorgo.....	40
Tabla 3.14: % Digestibilidad de la materia seca, según el estado del grano al momento del picado y ensilado, de los cultivos de maíz.....	41
Tabla 3.15: Media y medidas de distribución de la digestibilidad de la materia seca de ensilaje por especie y origen de la semilla.....	41
Tabla 3.16: Proteína bruta (% base seca) por especie, de ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla certificada.....	43
Tabla 3.17: Proteína bruta (% base seca), por especie, de los ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla sin certificar.....	43
Tabla 3.18: Proteína bruta (% base seca) de los ensilajes de sorgo por tipo de semilla (certificada o no).....	43

Tabla 3.19: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes de maíz por tipo de semilla (certificada o no).....	43
Tabla 3.20: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla certificada.....	44
Tabla 3.21: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes según el estado del grano al momento del picado y ensilado, de los cultivos de sorgo.....	44
Tabla 3.22: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes según el estado del grano al momento del picado y ensilado, de los cultivos de maíz.....	45
Tabla 3.23: Media y medidas de distribución para la proteína bruta (% , base seca) por especie y origen de la semilla.....	45
Tabla 3.24: Distribución porcentual y acumulada de los ensilajes, por especie y total, para la variable porcentaje de materia seca.....	47
Tabla 3.25: Contenido porcentual de materia seca de los distintos ensilajes evaluados, confeccionados con cultivos realizados con semilla certificada.....	48
Tabla 3.26: Contenido porcentual de materia seca de los distintos ensilajes evaluados, confeccionados con cultivos realizados semilla sin certificación.....	48
Tabla 3.27: Calidad nutricional de las dietas del ensayo 1.....	49
Tabla 3.28: Respuesta animal obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgo contrastantes en su nivel de grano.....	49
Tabla 3.29: Calidad nutricional de las dietas del ensayo 2.....	50
Tabla 3.30: Respuesta animal obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgo contrastantes en su nivel de grano.....	50

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Gráfico Biplot: CP1 y CP2. Híbridos de sorgo evaluados para ensilaje durante cinco años (2006-7 a 2010-11).....	33
Figura 3.2: Dendrograma. Ensayo comparativo de híbridos de sorgo para ensilaje. Las variables incluidas fueron altura, % de hoja, tallo y panoja, % materia seca, producción de materia seca y verde, proteína bruta y digestibilidad de la materia seca.....	34
Figura 3.3: Distribución porcentual, por especie y tipo de semilla, de la digestibilidad de la materia seca de ensilajes.....	42
Figura 3.4: Distribución porcentual, por especie y tipo de semilla, de la proteína bruta (% en base seca).....	46
Figura 3.5: Distribución porcentual, por especie, de los ensilajes en función de la variable % materia seca.....	47

LISTA DE ABREVIATURAS

- APVD, g/d** aumento de peso vivo diario, gramos por día.
- BMR** nervadura central marrón (del inglés brown mid rib).
- CC** contenido celular.
- CMS, kg/d** consumo de MS, kilogramos por día.
- CMSPV, %** consumo de MS en porcentaje del peso vivo.
- CV** coeficiente de variación.
- DE** desvío estándar.
- DMD** dry matter digestibility.
- DMS, %** digestibilidad de la MS (calculada con la ecuación $DMS = 88,9 - (FDA * 0,779)$).
- EE** error experimental.
- EM, Mcal kgMS⁻¹** energía metabolizable (calculada con la ecuación $EM = DMS * 4,4 * 0,82$).
- FDA** fibra detergente ácido.
- FDN** fibra detergente neutro.
- IC, kg CMS/kg APVD** índice de conversión de consumo de MS por unidad kilogramo de aumento de peso vivo.
- Kg** kilogramos.
- m** metros.
- Máx** máximo.
- Mín** mínimo.
- MS** materia seca.
- MV** materia verde.
- N** cantidad.
- PB** proteína bruta (calculado con la ecuación $PB = \text{Nitrógeno} * 6,25$ (Nitrógeno por método químico Kjeldahl)).
- PC** pared celular.
- Prod MS/ha, tn** producción de materia seca, toneladas por hectárea.
- Prod MV/ha, tn** producción de materia verde, toneladas por hectárea.
- PV** peso vivo.
- PV_{inic}** peso vivo inicial.

PVfin peso vivo final.

Q1 y Q3 cuartil 1 y 3.

S/D sin dato.

Tgr tratamiento con ensilaje de sorgo granífero.

Tsil tratamiento con ensilaje de sorgo silero.

Tsud tratamiento con ensilaje de sorgo sudanense.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

El cultivo de sorgo

El *Sorghum bicolor* (L.) Moench, conocido vulgarmente como “Sorgo”, es una especie vegetal originaria de África, específicamente de Sudan y Etiopía (Kimber *et al.*, 2013). Es una gramínea tropical de metabolismo tipo C4, que a través del mejoramiento genético se ha difundido a las regiones templadas del mundo estableciéndose como un cultivo de gran adaptación ambiental (Blum, 2004). Se trata de un cereal reconocido como altamente productivo, resistente a la sequía, que provee a la humanidad alimento, forraje, fibra y energía, particularmente en las regiones semiáridas del mundo (Kimber *et al.*, 2013).

Su utilización se incrementa hacia regiones marginales (Hittle *et al.*, 1960; Jordan y Sullivan, 1981; Montiel y Elizalde, 2004), donde la variabilidad en las condiciones ambientales incide de manera negativa sobre la estabilidad productiva de otras especies. Como por ejemplo el maíz (Nevens and Kendall, 1954; Ackerson and Krieg, 1977; Salado *et al.*, 2007; Otero *et al.*, 2008; Di Marco *et al.*, 2009), cultivo con el cual en muchos casos comparte el nicho agroecológico (De León, 2004). El sorgo, a diferencia del maíz, se destaca por su mayor adaptación y mejor respuesta en condiciones edafoclimáticas limitantes, confiriéndole estabilidad de rendimientos en situaciones productivas de menor potencialidad (Giorda y Ortiz, 2012). Este comportamiento radica en algunas características particulares de la planta entre las cuales se destaca el sistema radicular eficiente (de gran desarrollo y alta capacidad de penetración), la baja capacidad de transpiración en relación a la gran capacidad de absorción de las raíces, la posibilidad de enrollar las hojas y cerrar los estomas reduciendo la transpiración, la cobertura cerosa sobre los tallos y hojas que protege la planta del exceso de pérdida de agua y la capacidad de permanecer latente durante el período de estrés y luego retomar el crecimiento

(Giorda *et al.*, 1997).

El cultivo de sorgo, según Newman *et al.* (2013), tiene una historia de al menos 3000 años, período en el cual como resultado de la selección se han logrado variados productos y de ser cultivado en una amplia gama de ambientes, generado una gran diversidad fenotípica (Kimber *et al.*, 2013).

Todos los sorgos cultivados pertenecen a *Sorghum bicolor* (L.) Moench sp. (Uzun *et al.*, 2009). Sin embargo sólo las subespecies bicolor y sudanense (*S. bicolor* (L.) Moench, y *S. sudanense* (Piper) Stapf, respectivamente, De Wet, 1978) son importantes en la actividad agropecuaria (Snowden, 1936, citado en Zhan *et al.*, 2008). Estas dos subespecies, a través del mejoramiento y combinación genética, se han diferenciado en categorías según sus utilidades. Entre ellas se encuentran los tipos graníferos, forrajeros (ambos de la subespecie *S. bicolor* (L.) Moench), sudanenses y los híbridos bicolor x sudanense (Ball, 2001; Undersander, 2003; Hall, 2008; Newman *et al.*, 2013). Estas categorías presentan diferencias en el comportamiento productivo, tanto en calidad como en cantidad de forraje, lo que justifica establecer una vinculación entre la genética y el plan de utilización del cultivo. Como forraje, el sorgo, ha cobrado importancia en los últimos cien años, generado categorías de mayor calidad nutritiva (Newman *et al.*, 2013) y rendimiento en materia seca (MS) que los tipo graníferos (Hall, 2008).

El tipo granífero es la categoría agronómica más cultivada en el mundo (Dahlberg *et al.*, 2011). Al haber sido seleccionado principalmente para la producción de grano (Hall, 2008), tiene una panoja densa que puede representar hasta el 51 % del peso seco de la planta (Romero *et al.*, 2004). Su altura fue limitada para realizar la cosecha mecánica, siendo alrededor de 1,8 metros su máximo (Hall, 2008; Dahlberg *et al.*, 2011). El mejoramiento genético ha dejado en segundo plano sus cualidades como forraje, con producciones de materia seca (MS) moderadas (Hall, 2008). Sin embargo su utilización en los sistemas ganaderos del país es importante (Giorda y Ortiz, 2012). Entre sus alternativas de uso se encuentra el grano seco (Montiel y Elizalde, 2004) o húmedo (Giorda y Ortiz, 2012), *earlage* (Cisint *et al.*, 2014), diferido de planta entera en pie (Lagrange, 2008) o ensilaje picado de planta entera (De León y Giménez, 2007; Toll Vera *et al.*, 2007; Giorda y

Ortiz, 2012). Todas ellas están basadas en capacidad de obtener productos de una sola cosecha (Hall, 2008), debido a que *S. bicolor* (L.) Moench no presenta capacidad de rebrote para utilizarse bajo pastoreo en verde.

La categoría forrajera (*S. bicolor* (L.) Moench), se diferencia de la granífera por presentar plantas de mayor altura (entre 1,8 y 4,5 metros) con tallos de mayor diámetro (Hall, 2008), no obstante su contenido en grano puede llegar a representar el 50 % del peso seco de la planta. Dentro de esta categoría, los híbridos de menor altura de planta brindan la posibilidad de cosechar el grano en forma mecánica, por lo que se los denomina “doble propósito” (forraje y grano). Su rendimiento forrajero potencial es mayor que el tipo granífero, y además algunos híbridos poseen el carácter nervadura central marrón (BMR) que mejora su calidad nutricional. Estos se cosechan una sola vez y se utilizan generalmente para ensilaje (Newman *et al.*, 2013).

A diferencia de los dos sorgos anteriores, los sorgos sudanenses (*S. sudanense* (Piper) Stapf) tienen tallos más finos y desarrollan panojas con menor contenido de grano. Su altura varía entre los 1,2 – 2,8 metros (Undersander, 2003). Entre sus utilidades se encuentra el pastoreo en verde y la confección de heno o ensilaje (Knowles and Ottman, 1997; Undersander, 2003; Hall, 2008). La menor acumulación de ácido cianhídrico, respecto de las otras categorías de sorgo, le permite mayor seguridad para su pastoreo cuando el cultivo está verde. Además, los sorgos sudanenses, presentan buena capacidad de rebrote luego de cada corte o pastoreo siempre que disponga de temperatura y humedad adecuada (Newman *et al.*, 2013).

El híbrido bicolor x sudanense (*S. bicolor* (L.) Moench x *S. sudanense* (Piper) Stapf) ha demostrado tener buenas cualidades para uso forrajero (Uzun *et al.*, 2009). Esta categoría se asemeja a los sudanense pero alcanzan mayor altura, tienen mayor diámetro de tallo, mayor contenido de hojas y mayor rendimiento (Hall, 2008). Undersander (2003) afirma que, respecto de los sorgos forrajeros, tienen menor potencial de rendimiento. Su capacidad de rebrote, luego de cada corte, brinda la posibilidad del pastoreo en verde (Hall, 2008). A esto se le suma la incorporación del carácter BMR que mejora esta utilidad (Newman *et al.*, 2013).

Otro tipo de sorgo que ha cobrado interés, en estos últimos años, como recurso forrajero es el tipo azucarado. Surge por cruzamiento genético entre los sorgos sudanense, bicolor y *S. saccharatum* (L.) Moench. La importancia radica en su contenido energético debido a un elevado nivel de carbohidratos no estructurales (básicamente azúcares simples) en los tallos. Se caracteriza por una menor velocidad de crecimiento, menor macollaje y rebrote que los tipos sudaneses. Las plantas presentan un tallo de 15 a 30 mm de diámetro, con médula blanda y corteza dura, alcanzando una altura entre 1,6 y 2,8 metros. El elevado contenido energético los ubica como muy aptos para la confección de ensilaje, presentando alta digestibilidad, baja fracción de fibra y alto contenido de carbohidratos no estructurales (Marinissen y Melín, 2009; Melín, 2009).

Rol del ensilaje en la ganadería argentina

Uno de los factores de mayor importancia en los sistemas ganaderos pastoriles es la oferta forrajera. Esta, independientemente de su ubicación geográfica, se caracteriza por presentar importantes variaciones en la oferta de calidad y cantidad de forraje durante el año (De León y Giménez, 2007). Entre los elementos influyentes se encuentra la estacionalidad de las variables climáticas (Mel *et al.*, 2001), la variabilidad en las condiciones ambientales y la naturaleza de las especies forrajeras utilizadas en cada región en cuanto a su ciclo de producción y fases fisiológicas. Surge así la necesidad de programar los procesos de conservación de forrajes a fin de diferir el alimento de los momentos de excesos a los de escasez (Cattani *et al.*, 2008a).

El proceso de intensificación que vive la ganadería argentina (Giordano *et al.*, 2013) ha significado profundos cambios en estos últimos 15 años (Pordomingo, 2013b), entre ellos, la modificación de los tradicionales esquemas de alimentación. Si bien, la ganadería argentina se ha caracterizado históricamente por sus sistemas pastoriles (Rearte, 2003), se observa una disminución de la utilización de pasturas de calidad en la terminación de animales y un aumento en la terminación en corrales, situaciones que implican mayor uso de granos, ensilajes de picado de planta entera y subproductos agroindustriales (Elizalde y Riffel, 2011).

En este contexto, de intensificación ganadera, el ensilaje de planta entera de sorgo y de maíz se perfila como una práctica central de los modelos ganaderos del país (Pordomingo, 2013b). Entre sus cualidades se destaca el elevado nivel de producción de MS por unidad de superficie, que a través de esta técnica de conservación mantiene una buena calidad como alimento (De León, 2004). Desde el punto de vista nutricional, los ensilajes de sorgo y de maíz se caracterizan por su aporte importante de energía y fibra en las dietas (Juan, 1998), aunque no así proteína bruta (Freddi *et al.*, 2007; Rodríguez *et al.*, 2009a). Su potencial alimenticio, una vez cubiertos los requerimientos proteicos (De León, 2004), ha demostrado satisfacer nutricionalmente la demanda de categorías exigentes como la cría e invernada. Si bien no es un oferente energético del mismo orden que el de los granos, su concentración de energía metabolizable se asemeja a la que puede proveer un verdeo de invierno o una pastura en primavera. Por ello dietas basadas en ensilaje permiten obtener ganancias de peso diario de 700 a 1000 gramos (Pordomingo, 2013a). Además, los ensilajes de sorgo y de maíz se destacan por su alta eficiencia de cosecha, llegando a valores del 90 % (Bragachini, 2012). Esto permite incrementar la carga animal sosteniendo la ganancia de peso individual (De León, 2004).

El rol en las dietas de los ensilajes de sorgo y de maíz depende de sus características nutricionales y de la proporción en que se incluyan así como los alimentos con los que se lo combine. Valores de entre 10 a 20 % de ensilaje en base seca son habituales en dietas típicas de engorde a corral, de alto contenido de almidón y bajo en fibra, donde el ensilaje aporta fibra efectiva con el fin de promover una actividad fermentativa adecuada en el rumen (Pordomingo, 2013a).

Cuando el ensilaje de sorgo o de maíz tiene mayor participación en la dieta, su calidad y la de los alimentos con que se combine son las determinantes del performance animal. Su participación puede ser tan alta como el nivel proteico de la dieta lo permita, y se debe contar con una alternativa proteica para corregir si fuese necesario para la meta propuesta. Como ejemplo se pueden considerar los tratamientos pertinentes presentados en Garcilazo *et al.* (2012), Salado *et al.* (2007), Pordomingo *et al.* (2012), Santini *et al.* (2003) y De León (2004), en los que el

ensilaje participó en una alta proporción (77, 73, 85, 78, 86,5 % en base seca, respectivamente). El resto de la dieta estuvo constituida según el caso por núcleo vitamínico-mineral y correctores proteicos como harina o expeller de girasol, harina de soja y urea, y en ningún caso incluyó grano.

En combinaciones intermedias, con pastura de alta calidad, Abdelhadi and Santini (2006) evaluaron la inclusión de un 40 % de ensilaje, contenido que no afectó la performance animal, pero si permitió lograr un incremento del 90 % la carga animal. Juan y Jouli (2001) evaluaron inclusiones de ensilaje en proporciones de 33 y 66 % de ensilaje de sorgo granífero en la dieta sobre pastoreo de verdeo de invierno, sin encontrar diferencias en la ganancia de peso diaria.

La combinación del ensilaje con granos es una herramienta para mejorar la oferta energética del mismo. Este efecto es de mayor impacto con ensilajes carentes de grano como los de pastura, alfalfa, verdeos cortados en estado vegetativo (Pordomingo, 2013a) o sorgos forrajeros. Sin embargo la respuesta al incremento en la proporción de grano no es lineal, razón por la cual se deben tener recaudos en cuanto a sus proporciones (Hart, 1987 y Pordomingo *et al.*, 2012).

Respecto a la implementación de ensilajes, datos estadísticos muestran que la superficie cosechada para confección de ensilaje fueron de 80.000 hectáreas (maíz y sorgo), 620.000 hectáreas (maíz, sorgo y verdeos/pasturas) y 1.834.455 hectáreas (maíz, sorgo y verdeos/pasturas) para las campañas 1993/94 (INTA PROPEFO, 1994), 2006/07 (Aguirre Saravia, 2013) y 2013/14 (CACF, 2015) respectivamente, indicando claramente la importancia adquirida por los alimentos conservados en la Argentina en los últimos años. Respecto al destino del ensilaje, en la década del 90' el 80 % se utilizó en la actividad lechera y el resto para la producción de carne en *feed lot* (Bragachini y Peiretti, 2008). En la campaña 2013/14 se utilizó el 47 % en lechería y en producción de carne el 53 % (CACF, 2015), incluida la actividad de cría (Pordomingo, 2013b).

Actualmente, la superficie cosechada en el país con destino a confección de ensilaje de planta entera es del 59 %, 23 % y 18 % para maíz, sorgo y verdeos/pasturas, respectivamente (CACF, 2015). Si bien el maíz es más

representativo a nivel nacional, la rusticidad que presenta el sorgo ofrece ventajas productivas en regiones marginales para la agricultura, que se traduce en una alternativa conveniente (Abdelhadi and Santini, 2006; De León y Giménez, 2007; Giorda y Ortiz, 2012).

Calidad nutritiva del ensilaje de sorgo

En general se considera que el ensilaje de planta entera de maíz tiene mayor digestibilidad que un ensilaje de sorgo, pero no se puede generalizar a todos los casos (Depetris, 2010). De León *et al.* (2004) evaluaron dos ensilajes de sorgo silero BMR y uno de maíz. Los ensilajes de sorgo no se diferenciaron ($p > 0,05$), pero sí uno de ellos fue diferente ($p < 0,05$) y superior al de maíz. White *et al.* (1988a) concluye que, el ensilaje de maíz superaría al de sorgo, sólo cuando las condiciones ambientales le sean favorables.

La calidad nutritiva del ensilaje se define por el contenido de grano y la digestibilidad de la materia seca (DMS) del resto de la planta (Pérez *et al.*, 2007; De León y Giménez, 2008). La elección del híbrido a ensilar debe resultar de la mejor combinación entre la producción de MS y proporción de panoja (Pérez *et al.*, 2007). A estas variables deben sumarse también la adaptación, características de manejo y ensilado, y el valor alimenticio del ensilaje (White *et al.*, 1988b).

La proporción de grano en el cultivo determina el perfil nutricional del ensilaje, la cual se caracteriza por su elevado contenido de almidón, de fibra o sus combinaciones intermedias (Baudino, 2013). Mientras que el contenido de grano se incrementa en la fase final del ciclo del cultivo, la DMS de la fibra 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.* (2009b) definen que el cultivo debe contener entre 30 y 40 % MS, aunque otros autores afirman que hasta un 45 % de MS sería adecuado (Adesogan and Newman, 2010). Este rango de humedad coincidiría con un estado de grano pastoso, estado de máximo rendimiento y digestibilidad de la MS, que mantendría hasta el estado de madurez fisiológica

(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 (Adesogan and Newman, 2010). Si el cultivo presenta menos del 30 % MS se generan pérdidas de nutrientes por efluentes y aparecen bacterias contraproducentes del género *Clostridium*. Si es mayor al 40 % MS, 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 (Cattani *et al.*, 2008b; Rodríguez *et al.*, 2009b; Adesogan and Newman, 2010).

Aporte nutritivo del grano de sorgo en el ensilado

La proporción de grano en el cultivo de sorgo a ensilar es variable y depende de la genética y estado de madurez de la planta al momento del picado y ensilado (Torrecillas *et al.*, 2011). La proporción puede alcanzar a representar el 51 % del peso seco de la planta (Romero *et al.*, 2004). El contenido de grano, constituido por un 70-80 % de almidón (Montiel y Elizalde, 2004), sería la variable más importante en la determinación de calidad nutritiva (Arias *et al.*, 2008; Bendersky *et al.*, 2009) y en la performance animal en dietas en base ensilaje (De León y Giménez, 2008 y 2012).

El grano, al tener mayor contenido energético que la hoja y tallo, por lógica debería generar un ensilaje de mayor calidad en la medida que incrementa su nivel, sin embargo esto no parece ser consistente. Por ejemplo Owen (1967) menciona que no existe relación entre el nivel de grano y la performance animal, por lo cual este no es un buen indicador de calidad. Citados por Owen (1967), Becker and Gallup (1927) y Fitch and Wolberg (1934), determinaron niveles de hasta 49 y 43 % de grano en heces, respectivamente, y en la evaluación de la calidad de los granos recuperados en heces, determinaron un uso insignificante de sus nutrientes en el tracto digestivo. Trabajos actuales sostienen esta ineficiencia para sorgos con alto contenido de grano. De León *et al.* (2004) también atribuyó al grado de eficiencia de uso del grano al no encontrar correspondencia entre la calidad determinada por técnicas de laboratorio y respuesta animal. Cattani *et al.* (2008b) atribuye a que el

análisis de laboratorio no contempla la ineficiencia en el uso del grano por parte del animal, específicamente en sorgos graníferos.

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. La ineficiencia aumenta cuando el grano pasa del estado pastoso a duro. Muchos autores (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.

El sistema partidor de grano incorporado en máquinas modernas de picado sigue este objetivo, pero solo ha demostrado ser eficiente con el grano de maíz y no en sorgo debido a su pequeño tamaño, motivo por el que el sistema no alcanza a afectarlo (Mickan and Piltz, 2004). Publicaciones recientes (INTA, 2015) mencionan nuevas adaptaciones en el sistema partidor de grano, que permitiría un mayor procesamiento del grano, mejorando su utilización por parte del animal. Esto es importante cuando el objetivo es lograr el máximo rendimiento del cultivo en MS, momento que coincide con el estado de madurez fisiológica (Schake *et al.*, 1982), aunque Torrecillas *et al.* (2011) menciona que esto sucedería desde el estado de grano pastoso.

Aporte nutritivo de la hoja y tallo de sorgo en el ensilado

La fracción de hoja y tallo, 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 estos tejidos las fracciones conformada por los carbohidratos estructurales y los no estructurales. Los primeros se

corresponden con la pared celular (PC), constituida principalmente por polisacáridos estructurales (celulosa, hemicelulosa y lignina), los que pueden representar entre el 30 y 80 % del peso de la materia orgánica. La otra fracción se denomina contenido celular (CC), y lo constituyen moléculas de proteínas, almidón, oligosacáridos, azúcares, lípidos, ácidos orgánicos y cenizas solubles. Estas fracciones, conforme avanza la madurez de la planta, van modificando sus proporciones por lo cual mientras que la PC se incrementa el CC disminuye (Stritzler *et al.*, 2011).

La PC es responsable del mayor aporte de energía de los forrajes consumidos por los rumiantes, producto de su fermentación efectuada por los microorganismos ruminales. Sin embargo, a diferencia del CC en el cual el 98 % de los nutrientes estarían disponibles para su utilización, la DMS de la PC es muy variable dependiendo de su composición y estructura. Esto hace que la energía disponible a partir de los forrajes sea limitada por la concentración de la PC, que se digiere lentamente y en forma incompleta (Buxton and Redfearn, 1997; Stritzler *et al.*, 2011).

La variación en la DMS de la PC se asocia, principalmente, a la presencia de la lignina (Van Soest, 1965; Buxton and Redfearn, 1997; Torrecillas, 2004; Stritzler *et al.*, 2011). Sin la presencia de este componente la celulosa y hemicelulosa son totalmente digeribles (Torrecillas, 2004). La lignina es un polímero de grupos fenólicos, altamente condensados y cuya composición es variable según sus componentes (Stritzler *et al.*, 2011). Su rol es dar soporte mecánico en tallos y hojas, además de, junto a otros componentes de la PC, generar resistencia a enfermedades, insectos, bajas temperaturas y otros factores bióticos y abióticos (Buxton and Redfearn, 1997). La deposición de lignina en la PC inicia con el cese de la expansión celular y el comienzo de engrosamiento secundario de la célula (Torrecillas, 2004; Stritzler *et al.*, 2011;). Spada y Mombelli (2007) determinaron una disminución en la digestibilidad de dos puntos porcentuales por cada incremento porcentual unitario de lignina.

La calidad nutritiva de los diferentes tipos de sorgo es variable producto del mejoramiento genético que ha seleccionado para distintas utilidades. En sorgos

graníferos, 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) indica una disminución significativa de la calidad de la fracción vegetativa.

La incorporación del carácter BMR, en la actualidad se ha producido en todos los tipos de sorgos. Esto se asocia con una menor concentración de lignina en la PC, con valores entre 5 y 50 % menores respecto de su contraparte (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 producirán menos MS y de mayor DMS que los que no lo tienen. Algunos trabajos realizados en el país no han encontrado diferencias significativas en DMS y aumento de peso vivo diario (APVD), con sorgos con y sin el carácter, como por ejemplo Di Marco *et al.* (2007) y De León y Giménez (2008), respectivamente. Según Giorda y Ortiz (2012) el aumento en la DMS y disminución en la producción de MS se corresponde con las isolíneas BMR (idéntica base genética, solo diferenciadas por la presencia del gen BMR).

La fotoinsensibilidad es otra 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. El carácter BMR y alto contenido de azúcar en tallo ha sido incorporado a los híbridos fotoinsensibles aumentando su DMS (Giorda y Cordés, 2008). 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.

El nivel 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 and Worker (1965), a los híbridos con elevado contenido de grano al conformar dietas en base ensilaje. Otros trabajos, como el de Ressia *et al.* (2006), obtuvieron similar digestibilidad *in vivo* al comparar un ensilaje de sorgo azucarado versus uno con el carácter BMR y otro tipo granífero.

Performance animal con dietas en base a ensilaje de sorgo

Con novillos de 347 kg de PV, Thompson *et al.* (1978), evaluaron cuatro ensilajes de sorgo. Dos fueron realizados con cultivos cortados en estado vegetativo (altura de planta de 114 y 152 cm, para sorgo sudanense e híbrido bicolor x sudanense, respectivamente), los que fueron picados y ensilados cuando alcanzaron el 30 % MS. Los otros dos ensilajes fueron confeccionados con cultivos del híbrido bicolor x sudanense, y con sorgo forrajero, picados en estado de grano pastoso. Los APVD, CMS, IC y CMSPV fueron 1093, 776, 1102 y 1093 g/día, 8,59, 11,3, 9,27 y 10,3 kg, 8,59, 11,3, 9,27 y 9,46 kg, y 2,7, 2,5, 3,0 y 3,0 %, para los ensilajes de sorgo forrajero, híbrido bicolor x sudanense (pastoso), híbrido bicolor x sudanense (vegetativo) y sudanense, respectivamente. Para la variable APVD e IC, sólo el tratamiento del híbrido bicolor x sudanense (pastoso) fue diferente ($p < 0,05$ y $< 0,1$, respectivamente). El CMS presentó diferencias significativas ($p < 0,1$), siendo mayor en los cultivos cortados en estado vegetativo, aunque el de sorgo forrajero no

se diferenció del de sorgo sudan (vegetativo).

Con dietas en base a ensilaje de sorgo de distinto tipo y alimentando animales entre 205 y 269 kg de PV, Kirch *et al.* (1987) encontró que sólo los de tipo forrajero con moderado a alto nivel de grano generan performances similares a los tipo granífero, y los híbridos sin grano o con bajo contenido de grano resultaron en una pobre performance animal. Los animales que consumieron del tipo granífero registraron APVD entre 960 y 1148 g/día, con ensilajes de DMS entre 67,5 y 70,7 %. De los que consumieron del tipo no granífero, pero con alto contenido de grano, los APVD fueron entre 800 y 980 g/día, con ensilajes de DMS entre 64,6 y 67,8 %. Los que consumieron ensilajes de bajo grano lograron APVD entre 608 y 790 g/día, siendo las DMS entre 58,7 y 70,7 %. Con los sorgos sin panoja lograron APVD de 430 y 570 g/día, siendo las DMS de 56,9 y 57,5 %, respectivamente. Con estos resultados, los autores concluyeron, que el contenido de grano es el mejor indicador de una buena performance animal, y ponen en duda si los sorgos sin grano merecen integrar los programas de cría.

En la evaluación de dietas en base a ensilaje de sorgo, Bolsen *et al.* (1980) utilizó el tipo sudanense, híbrido bicolor x sudanense y forrajero. Los dos primeros cultivos fueron picados en su etapa final de estado vegetativo, mientras que el forrajero en grano pastoso. El APVD, CMS, IC y CMSPV fue de 494, 426 y 653 g/día, 7,7, 7,5 y 7,7 kg/día, 19, 21,3 y 14,2 kg y 2,3, 2,2 y 2,3 %, respectivamente.

Utilizando sorgo forrajero de híbrido bicolor x sudanense, Bolsen *et al.* (1982) evaluaron dietas en base a ensilaje con animales de 218 kg PV. Los tratamientos fueron determinados en el picado según el estado de madurez del cultivo, siendo uno en estado de grano pastoso y otro al final de la etapa vegetativa, logrando contenidos de 28,8 y 32,4 % MS. Los APVD fueron 807 y 712 g/día, respectivamente. Los autores remarcan la importancia, para este tipo de sorgos, realizar una cosecha temprana en pos de lograr mayor DMS.

Dietas en base a ensilajes de sorgos graníferos, forrajeros y sin panoja, fueron evaluadas por Smith *et al.* (1984) en novillos de 205 kg PV. Al ensilaje de sorgo granífero lo evaluaron con y sin procesamiento mecánico del grano. Los APVD,

CMS, IC y CMSPV promedios fueron 938, 961, 802 y 430 g/día, 6,5, 6,8, 5,4 y 3,8 kg, 7, 7,1, 6,8 y 9 kg, y 3,19, 3,31, 2,62 y 1,87 % para ensilaje de sorgo con grano con y sin procesar, sorgo forrajero y sorgo sin panoja, respectivamente. Las variables APVD y CMS, se comportaron de igual manera, siendo diferente ($p < 0,05$) entre los tipos de sorgos, pero no diferentes para los graníferos con y sin procesamiento mecánico. En el IC, sólo el ensilaje de sorgo sin panoja se diferenció ($p < 0,05$) del resto. La baja performance animal lograda en el tratamiento de sorgo sin panoja es atribuida por los autores al bajo CMS.

En novillos de 259 kg PV, Smith *et al.* (1984) evaluaron dietas en base a ensilajes de sorgos graníferos, forrajeros y sin panoja. Los resultados para las variables APVD, CMS, IC y CMSPV fueron 1000, 600 y 600 g/día, 8,8, 5,4 y 5,7 kg, 8,7, 8,9 y 10,1 kg, y 3,4, 2,1 y 2,2 %, siendo la DMS de 70,7, 56,2 y 57,9 %, y la MS de 42,3, 24,9 y 25,8 %, para los ensilajes de sorgo granífero, forrajero y sin panoja. En otro ensayo paralelo, Smith *et al.* (1985), evaluaron dos momentos de corte para el sorgo granífero combinado con y sin procesamiento del grano. Solo encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre el procesado y no procesado, pero no entre estados del grano.

Seis sorgos fueron evaluados por Dalke *et al.* (1993) en dietas en base a ensilaje, dos del tipo granífero y cuatro forrajero. Si bien hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre tratamientos, los APVD superaron los 1000 g/día, siendo el mayor de 1143 g/día para un ensilaje de sorgo granífero, el cual no difirió ($p > 0,05$) con tres ensilajes de sorgo forrajero. La DMS para los de sorgo granífero fue de 69,3 y 72,9 %, mientras que para los de sorgo forrajero estuvieron entre 65,7 y 66,5 %. La proporción de grano, en este mismo orden, fue de 47,8 y 55, 5 % y entre 33,1 y 46,5 %. El IC y CMSPV fueron entre 8 y 9 kg y 2,95 y 3,19 %, respectivamente.

En el país, dentro del ámbito científico se han evaluado dietas en base ensilaje utilizando principalmente animales en etapa de recría, con pesos vivos iniciales entre 120 y 230 kg (De León *et al.*, 2004; De León y Giménez, 2008; De León y Giménez, 2012; Flores *et al.*, 2010; Depetris *et al.*, 2007a y b; Juan y Jouli, 2001; Salado *et al.*, 2007; De León *et al.*, 2002). Los resultados en APVD son variables y

van de 300 a 1.100 g/día, con CMSPV entre 2,1 y 3,85. % Otros trabajos muestran resultados con animales de 277 (Mónaco *et al.*, 2013) y 368 kg (Toll Vera *et al.*, 2007), logrando APVD entre 540 y 766 g/día, respectivamente. Los tipos de sorgo ensilados y utilizados en estos ensayos se corresponden con tipo graníferos, doble propósito, sileros y sudanenses (estos tres últimos con y sin el carácter BMR) y fotosensitivos.

Algunos de estos ensayos involucraron más de un tipo de sorgo. Por ejemplo, De León *et al.* (2004), con novillitos de 147 kg PV, utilizaron ensilajes de dos sorgos con características del tipo silero y con el carácter BMR. Encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) en las variables CMS, APVD, IC (6,79 y 7,99 kg, 660 y 950 g/día y 10,31 y 8,43 kg, respectivamente), pero no en DMS (65,1 y 64,19 %). Los autores atribuyeron esta diferencia en el performance animal al distinto grado de aprovechamiento del grano.

Con novillos Aberdeen Angus de 225 kg PV, De León y Giménez (2008) evaluaron cuatro ensilajes de sorgo, dos con características doble propósito y dos sudanenses, ambos grupos con y sin el carácter BMR (pero en cada grupo sin ser su contraparte genética). Las variables DMS, CMS, APVD e IC sólo se diferenciaron significativamente ($p < 0,05$) entre ambos grupos (doble propósito y sudanense), pero no dentro del grupo respecto a la característica BMR. La performance productiva reflejó claramente la calidad de los ensilajes, y los autores señalan como principal factor determinante de los resultados al contenido de grano en los ensilajes.

En otro trabajo, De León y Giménez (2012), evaluaron dietas en novillitos de 180 kg PV, con ensilajes confeccionados con sorgos del tipo granífero, doble propósito, silero y sudanense. La DMS fue significativamente distinta ($p < 0,05$) para los cuatro ensilajes (69,03, 66,18, 63,36 y 59,76 %, de acuerdo al orden detallado anteriormente). Los tratamientos con ensilaje de sorgo silero y sudanense no se diferenciaron significativamente ($p > 0,05$) entre sí para las variables CMS, APVD e IC, siendo los que presentaron la menor performance animal. Los tratamientos con sorgo granífero y doble propósito se diferenciaron significativamente entre ellos y del resto de los tratamientos para las variables CMS

y APVD, siendo mayores estos índices según el contenido de grano, para IC entre ellos no se diferenciaron ($p > 0,05$).

Dos ensilajes evaluaron Flores *et al.* (2010) en dietas con novillitos Braford de 122 kg PV. Uno confeccionado con un sorgo con el carácter BMR y fotosensitivo, y otro doble propósito. La DMS fue de 58,8 y 64,9 % (calculada con la ecuación donde $\% \text{ DMS} = 88,9 - (\text{FDA} * 0,779$; donde FDA: fibra detergente ácido), Rohweder *et al.*, 1978). Los APVD fueron 300 y 548 g/día, mientras que el CMS fue 4,3 y 4,9 kg MS/día.

Con novillos Aberdeen Angus de 215 kg PV, Depetris *et al.* (2007a) evaluaron dos ensilajes confeccionados con sorgos del tipo silero con el carácter BMR, siendo las DMS de los ensilajes 69 y 66,5 %. No encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) para las variables APVD, CMS e IC, obteniendo valores de 942 y 865 g/día, 9,04 y 8,37 kg y 9,59 y 9,67, respectivamente.

Otros trabajos muestran resultados en ensayos con ensilaje de un solo tipo de sorgo. Por ejemplo, con sorgo del tipo granífero, se encuentra Depetris *et al.* (2007b), Juan y Jouli (2001), Salado *et al.* (2007) y Toll Vera *et al.* (2007). Los ensilajes utilizados presentaron una DMS del 55,7, 66, 57,4 y 60,4 %, respectivamente. Con terneras de 174, 180, terneros de 211 y novillos de 368 kg PV lograron APVD de 1.013, 883, 864 y 766 g/día e IC de 7,01, 8,23, 9,27 y S/D, respectivamente. De León *et al.* (2002) y Mónaco *et al.* (2013), con ensilaje de sorgo azucarado con carácter BMR y sudanense, obtuvieron en terneros de 147 y novillitos de 277 kg PV, APVD de 670 y 540 g/día, respectivamente.

Producción y calidad nutritiva de híbridos de sorgo evaluados en ensayos comparativos realizados en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA

En la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA se realizan regularmente, desde el año 2006, ensayos comparativos de distintos tipos de sorgos. El sitio experimental se ubica geográficamente en la latitud sur 36° 32' y longitud oeste 63° 59', entre las isohietas de 700 y 800 mm, siendo esta región caracterizada

climáticamente como subhúmeda-seca y fría-templada, de gran amplitud térmica siendo su media anual de 15 °C (INTA, 1980).

El objetivo de estos ensayos es evaluar los híbridos en los aspectos de rendimiento y calidad nutritiva, tomando como referencia el estado de madurez y momento de corte del cultivo recomendado para la realización de ensilaje de planta entera. Por lo tanto, el muestreo de plantas se realiza con el cultivo en estado de grano pastoso, o 2-3 hojas basales secas en los sorgos fotosensitivos. Las variables de calidad se evalúan sobre la planta (forraje no fermentado).

Relevamiento provincial sobre la confección, calidad nutritiva y utilización de ensilaje de planta entera de sorgo y maíz en los sistemas productivos de la provincia de La Pampa

La EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA, en conjunto con la Subsecretaría de Asuntos Agrarios de la provincia de La Pampa, realiza el “Concurso provincial de Calidad de Ensilaje de Sorgo y Maíz”. Este consiste en que el participante aporte una muestra de su ensilaje y responda una encuesta sobre algunas características de confección y utilización. Esta información genera un diagnóstico sobre la confección, calidad nutritiva y utilización del ensilaje en la provincia de La Pampa.

PROPUESTA DE TRABAJO

En ganado de carne, la utilización de ensilaje de sorgo es cada vez más frecuente, no obstante la información respecto a la ganancia de peso que se puede lograr con ensilajes de distintos tipos de sorgo como alimento es todavía escasa (De León y Giménez, 2007), y aún más en la categoría de terminación. Existen muchos ensayos, pero principalmente utilizando animales en etapa de recría. Autores como De León *et al.* (2004) y Cattani *et al.* (2008b) manifiestan que la calidad de ensilaje determinada por técnicas de laboratorio no se correspondía con la respuesta animal, lo cual se explicaría por el diferente grado de aprovechamiento del grano del cultivo ensilado. En este sentido, Torrecillas *et al.* (2011), remarca la importancia de evaluar el performance animal antes de recomendar híbridos a los productores. En

relación con esta problemática, que surge al momento del uso de los ensilajes de sorgo como base de la dieta, se plantean las hipótesis que guiarán el trabajo a realizar con el fin de obtener información actualizada y útil al momento de futuras planificaciones de la utilización de este recurso forrajero.

El primer aspecto a considerar, para este trabajo, es el de analizar cuál es el potencial forrajero cualitativo, a través del ensilaje de planta entera, que ofrecen los distintos tipos cultivos de sorgo a nivel experimental. Para esto se considerarán los ensayos comparativos de rendimiento de sorgo realizados en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA. La DMS se considerará central en el análisis, el que indagará sobre las vinculaciones de esta con el resto de las variables disponibles.

Luego se analizarán, a nivel provincial, aspectos básicos de confección, calidad nutritiva y utilización del ensilaje de planta entera. Este diagnóstico, se enmarcará dentro del “Concurso provincial de Calidad de Ensilaje de Sorgo y Maíz”, organizado por la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA y la Subsecretaría de Asuntos Agrarios de la provincia de La Pampa. Básicamente se constituye de un muestreo del ensilaje y la encuesta al gerente de la empresa que participa del evento.

Como último paso, en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA, se realizaron dos ensayos experimentales, en años consecutivos, evaluando la performance animal con dietas en base a ensilaje de sorgo. El objetivo fue evaluar la respuesta productiva animal, en etapa de terminación, con dietas que incluyeron ensilajes de sorgos contrastantes en su nivel de grano. Esta diferencia la determinará el cultivo ensilado, correspondiéndose con sorgos del tipo a) granífero, b) silero y c) sudanense. El sorgo a), de la subespecie *Sorghum bicolor* (L.) Moench, tuvo plantas de no más de 1,8 metros de altura, un contenido de grano superior al 40 % del peso seco de la planta relativamente, bajo potencial de producción MS por unidad de superficie y sin capacidad de rebrote. El sorgo b), de la subespecie *S. bicolor* (L.) Moench, tuvo plantas de más de 1,8 metros de altura, un contenido de grano inferior al 25 % de la MS de la planta, alto potencial de rendimiento de MS por unidad de superficie, y sin capacidad de rebrote. El sorgo c), de la subespecie *S. sudanense* (Piper) Stapf, tuvo muy baja proporción de grano (menor al 10 % del peso seco de la planta), tallos finos y plantas de más de 1,8 metros de altura.

HIPÓTESIS

Dietas, donde el ensilaje de sorgo representa como mínimo el 70 % de la MS total tendrían una calidad nutritiva que permitiría obtener ganancias de peso vivo diario adecuadas para novillos en etapa de terminación, independientemente del nivel de grano del cultivo ensilado.

OBJETIVO GENERAL

Realizar un relevamiento regional de la producción y utilización del ensilaje, y evaluar la respuesta animal en etapa de terminación en dietas con alto contenido de ensilajes confeccionados con híbridos de sorgo contrastantes en su nivel de grano.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Relevar y sintetizar la producción y utilización de ensilajes de sorgo en la provincia de La Pampa.

Evaluar la respuesta animal (consumo, aumento de peso y eficiencia de conversión) obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgo contrastantes en su nivel de grano.

CAPÍTULO 2

MATERIALES Y MÉTODOS

PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE HÍBRIDOS DE SORGO EVALUADOS EN ENSAYOS COMPARATIVOS REALIZADOS EN LA EEA ANGUIL “GUILLERMO COVAS” DEL INTA

Para este estudio, se consideraron 5 años consecutivos de los ensayos comparativos realizados en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA (Juan *et al.* 2007, Funaro y Juan, 2008, 2009, 2010 y 2011) durante las que se evaluaron 168 sorgos en total, correspondientes con los tipos granífero, doble propósito, silero y sudanense. Estos datos fueron caracterizados a través de un análisis descriptivo calculando para cada variable su media, mediana, desvío estándar, error experimental, coeficiente de variación, mínimo, máximo, cuartil 1 y cuartil 2.

Se realizó un análisis multivariado implementando la técnica de componentes principales y conglomerados. Las variables analizadas fueron: altura de planta, % de hoja, tallo y panoja, % de materia seca, producción de materia seca y materia verde, porcentaje de digestibilidad de materia seca y porcentaje de proteína bruta. En ambos análisis, como criterio de clasificación se utilizó la variable % panoja dividida en 12 rangos de 5 puntos cada uno. En el segundo análisis se consideró como criterio de corte el 50 % de la distancia máxima (5,92), quedando la línea de referencia en 2,96, y se solicitó que identifique 5 conglomerados.

Para la realización de los análisis estadísticos se utilizó el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RELEVAMIENTO PROVINCIAL SOBRE LA CONFECCIÓN, CALIDAD NUTRITIVA Y UTILIZACIÓN DE ENSILAJE DE PLANTA ENTERA EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

El relevamiento se realizó con productores interesados en participar en el “Concurso provincial de Calidad de Ensilaje de Sorgo y Maíz”. A ellos se los contactó para coordinar las condiciones de muestreo del ensilaje y para realizar una encuesta. Como requisito, el ensilaje debía ser de sorgo o maíz y el establecimiento ubicarse geográficamente dentro de la provincia de La Pampa.

La encuesta fue de característica estructurada, dividiéndose en dos tipos según la información relevada (E1 y E2). Ambas relevaron aspectos como especie, híbrido, fecha de siembra, manejo cultural, fecha y estado del grano al momento del picado. La E1 se diferenció en que además relevó tipo de silo confeccionado (tipo bolsa, aéreo o subterráneo), destino, constitución de la dieta, momento y forma de suministro (Jouli *et al.*, 2009 y 2010; Kent *et al.* 2012 y 2013).

El muestreo estuvo a cargo de técnicos dependientes de las Agencias de Extensión de INTA de la provincia de La Pampa. Cada muestra de ensilaje se constituyó de al menos 3 submuestras, siendo recolectadas en sitios distintos del silo según su tipo. En silos bolsa se submuestreó cada extremo, a no menos de 5 metros de la punta, y en la mitad. En silos aéreos, tipo torta o puente, se muestreó sobre la superficie del frente de extracción, evitando sus extremos, y retirando la primera capa. Esto último con el objetivo de no incluir material alterado por efecto de la presencia prolongada de oxígeno. Las muestras se analizaron en el laboratorio de forrajes y alimentos de la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA.

El tipo de híbrido se determinó con su nombre y la información que brindan los catálogos correspondientes a cada empresa semillera.

Para determinados análisis, los ensilajes provenientes de cultivos establecidos con semilla sin certificar se procesaron en forma separada. Esto se debió que al desconocer absolutamente sus características, podría generar un efecto negativo sobre las conclusiones.

Los datos se analizaron según un diseño completamente aleatorizado utilizando la prueba de Kruskal-Wallis. Esta prueba permite comparar las esperanzas sin necesidad de realizar el supuesto de que los términos de error se distribuyen normalmente. Cuando el resultado fue significativo se utilizó la versión del test propuesto por Tukey-Cramer por el número diferente de repeticiones por tratamiento. Para la realización de los análisis estadísticos se utilizó software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2008).

RESPUESTA ANIMAL (CONSUMO, AUMENTO DE PESO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN) OBTENIDA CON DIETAS QUE INCLUYEN ENSILAJES CONFECCIONADOS CON HÍBRIDOS DE SORGOS CONTRASTANTES EN SU NIVEL DE GRANO

Sitio experimental, duración y finalización de los ensayos

Los ensayos se realizaron en la EEA Anguil “Guillermo Covas” del INTA (36° 35' de latitud sur, 63° 57' de longitud oeste). Se utilizaron 12 corrales experimentales de 5 metros de ancho por 10 metros de largo y los animales tuvieron acceso permanente al agua. Los comederos utilizados fueron de cemento, siendo su frente de 3 metros de ancho por corral.

El ensayo 1 tuvo una duración de 75 días a partir del 8 de julio y el ensayo 2 duró 123 días a partir del 23 de mayo. La duración de los ensayos se determinó considerando como mínimo un periodo prudencial para evaluar la performance animal. Una vez cumplido este objetivo, su finalización se decidió cuando los animales reunieron las condiciones carniceras para su venta en frigorífico.

Animales

En ambos ensayos (1 y 2) se utilizaron novillos raza Aberdeen Angus, los cuales fueron pesados individualmente sin desbaste previo al inicio del ensayo, y en función de sus pesos iniciales se los dividió en bloques. En el ensayo 1 se utilizaron 36 animales con un PV promedio de 279 ± 22 kg, de entre 14 y 15 meses de edad, distribuidos en 12 corrales en grupos de a 3. En el ensayo 2 se utilizaron 32 animales con un PV promedio de 319 ± 19 kg, de entre 16 y 17 meses de edad, distribuidos en 8 corrales en grupos de a 4. La asignación de ancho comedero por animal fue de 1 y 0,75 metros para los ensayos 1 y 2, respectivamente.

Cultivos de sorgo y ensilado

Los cultivos, para ambos ensayos, se sembraron con una densidad de 150.000

plantas por hectárea a cosecha, una distancia entresurcos de 52 centímetros, siendo las fechas el 15 y 10 de noviembre para el ensayo 1 y 2, respectivamente.

El objetivo en la determinación del momento de picado fue que los cultivos tengan un nivel de materia seca cercano al 35 %. En la práctica, para los cultivos utilizados en el ensayo 1, esto no fue posible. A inicios de la etapa de llenado de grano una helada afectó la supervivencia de los cultivos. Por ello, 7 días después de este evento climático, cuando estuvo disponible la maquinaria se procedió al picado y ensilado.

Previo al picado, se realizó un muestreo de cada cultivo para determinar las proporciones de hoja, tallo y panoja en la planta, y su contenido de humedad (Tabla 2.1 y 2.2). El picado se realizó el 30 y 4 de abril, respectivamente, con una picadora marca CLAAS JAGUAR 980-930.

En el ensayo 2 se excluyó el ensilaje de sorgo granífero. Esta decisión se basó en considerar que este tratamiento no aportaría nueva información a la investigación. Por lo tanto sólo se utilizó ensilaje de sorgo sudanense y silero.

Tabla 2.1: Cultivos ensilados y utilizados en el ensayo 1. Proporción, sobre la planta entera, de las fracciones hoja, tallo y panoja (en base seca), altura de planta, nivel de materia seca (% MS) por fracciones y producción de materia seca (Prod MS/ha).

Tipo de híbrido	Granífero		Silero		Sudanense	
	%	MS, %	%	MS, %	%	MS, %
Hoja	19,0	68,6	18,4	81,1	19,5	91,0
Tallo	38,3	28,4	46,0	22,6	60,3	25,1
Panoja	42,7	70,2	35,6	72,7	20,2	71,4
Planta entera		44,8		36,6		38,1
Altura, m		1,4		1,9		2,0
Prod MS/ha, kg		15959		16950		17057

Tabla 2.2: Cultivos ensilados y utilizados en el ensayo 2. Proporción, sobre la planta entera, de las fracciones hoja, tallo y panoja (en base seca), altura de planta, nivel de materia seca (% MS) por fracciones y producción de materia seca (Prod MS/ha).

Tipo de híbrido	Silero		Sudanense	
Fracción	Planta, %	MS, %	Planta, %	MS, %
Hoja	16,4	22,9	12,6	51,1
Tallo	45,5	46,1	66,4	30,1
Panoja	38,1	65,4	21,0	67,2
Planta entera		34,0		36,4
Altura, m	2,5		3,0	
Prod MS/ha, kg	21407		22075	

Calidad nutricional de los ingredientes de la dieta

Transcurridos 40 y 35 días desde la confección de los ensilajes para los ensayos 1 y 2, respectivamente, junto al expeller de girasol se muestrearon para la determinación del contenido de MS (en %, secado en estufa de aire forzado a 60 °C durante 72 horas) y parámetros indicadores de la calidad nutricional de la dieta: fibra detergente neutro (FDN; en % base seca, método de Goering y Van Soest, 1970) y fibra detergente ácido (FDA; en % base seca, método de Goering y Van Soest, 1970); proteína bruta (PB; en % base seca, N Kjeldhal x 6,25, AOAC, 1990), DMS (en % base seca, calculada a partir de la ecuación $DMS = 88,9 - (FDA * 0,779)$), energía metabolizable (EM; en Mcal kgMS⁻¹, calculada a partir de la ecuación $EM = DMS * 4,4 * 0,82$); pH (pHchímetro Marca Altronix), y cenizas (% base seca, mufla a 600°C durante dos horas; tabla 2.3).

Tabla 2.3: Composición proximal de los ingredientes de la dieta en los ensayos 1 y 2.

	Ingrediente	MS	FDN	DMS	EM	PB	pH	Ceniza	Lig
Ensayo 1	E.S. Granífero	45,4	55,5	63,5	2,29	10,0	4,0	8,23	
	E.S. Silero	40,7	63,0	62,3	2,21	9,1	3,9	7,39	
	E.S. Sudanense	37,1	59,2	62,1	2,24	7,1	3,9	6,31	
	Exp. de girasol	90,0	41,4	67,1	2,42	35,0			
Ensayo 2	E.S. Silero	33,6	58,1	63,1	2,28	6,6	3,8	5,80	4,2
	E.S. Sudanense	28,3	71,4	55,6	2,01	6,2	3,6	7,73	4,7
	Exp. de girasol	91,5	41,4	66,0	2,38	35,2		6,97	

MS: materia Seca (%); FDN: fibra detergente neutro (%); DMS: digestibilidad de la materia seca (%); EM: energía metabolizable (Mcal/kgMS); PB: proteína bruta (%); y Lig: lignina (%).

Los resultados son expresados en base seca.

E.S. Granífero: ensilaje de sorgo granífero; E.S. Silero: ensilaje de sorgo silero; E.S. sudanense: ensilaje de sorgo sudanense; Exp. de girasol: expeller de girasol.

Tratamientos y dieta

El acostumbramiento a la dieta, en ambos ensayos, fue con ensilaje de sorgo ofrecido a consumo voluntario, más 0,8 kg de expeller de girasol por animal, etapa que se mantuvo durante una semana. Transcurrido este tiempo, ambos ensayos, comenzaron el período experimental donde se aplicó al azar sobre los bloques tres tratamientos: a) dieta basada en ensilaje de sorgo granífero (Tgr), b) dieta basada en ensilaje de sorgo silero (Tsil) y c) dieta basada en ensilaje de sorgo sudanense (Tsud). Cada tratamiento, en función del nivel proteico del ensilaje en cuestión, fue complementado con expeller de girasol para lograr dietas isoproteicas con un valor de 12,5 % de proteína bruta (NRC, 1984). El concentrado vitamínico – mineral, con monensina, se incluyó en las dietas respetando las indicaciones del fabricante, participando en 1 % del peso seco de la dieta (Tabla 2.4).

Tabla 2.4: Composición porcentual (en base seca) de los ingredientes en las dietas para el ensayo 1 y 2.

Ensayo	Ingrediente	Tgr	Tsil	Tsud
1	Ensilaje de sorgo granífero	88,3 %	0,0 %	0,0 %
	Ensilaje de sorgo silero	0,0 %	85,1 %	0,0 %
	Ensilaje de sorgo sudanense	0,0 %	0,0 %	79,2 %
	Expeller de girasol	10,7 %	13,9 %	19,8 %
	Conc. mineral vitamínico	1,0 %	1,0 %	1,0 %
	Total	100,0 %	100,0 %	100,0 %
2	Ensilaje de sorgo silero		80,9 %	0,0 %
	Ensilaje de sorgo sudanense		0,0 %	80,7 %
	Expeller de girasol		17,8 %	17,9 %
	Urea		0,3 %	0,4 %
	Conc. mineral vitamínico		1,0 %	1,0 %
	Total		100,0 %	100,0 %

Tgr; Tsil y Tsud: tratamientos, dietas que incluyeron ensilaje de sorgo granífero, silero y sudanense, respectivamente.

Peso de animales por tratamiento y bloque

En la Tabla 2.5 se detallan los pesos promedio de los animales por tratamiento y bloque.

Tabla 2.5: Peso vivo inicial (kg) promedio de los novillos por tratamiento y bloque.

Tratamiento	Bloques	Ensayo 1	Ensayo 2
Tgr	1	306 ± 26 (3)	
	2	283 ± 20 (3)	
	3	274 ± 10 (3)	
	4	257 ± 10 (3)	
Tsil	1	308 ± 23 (3)	338 ± 14 (4)
	2	285 ± 6 (3)	327 ± 12 (4)
	3	271 ± 7 (3)	316 ± 8 (4)
	4	255 ± 9 (3)	295 ± 14 (4)
Tsud	1	305 ± 13 (3)	337 ± 10 (4)
	2	286 ± 3 (3)	327 ± 10 (4)
	3	267 ± 11 (3)	316 ± 11 (4)
	4	259 ± 7 (3)	296 ± 14 (4)

Tgr, Tsil y Tsud: tratamiento correspondiente con el uso de ensilaje de sorgo del tipo granífero, silero y sudanense, respectivamente. El valor ± se corresponde con el DE (desvío estándar). El valor entre paréntesis corresponde al número de animales por bloque.

Mediciones

Calidad nutricional de la dieta

Cada 15 días se recolectaron muestras de alimento en comedero para la determinación del contenido de MS y parámetros indicadores de la calidad nutricional de la dieta (FDA, FDN, PB, DMS, ceniza, todos en % base seca, EM, en Mcal kgMS⁻¹ y pH).

Suministro de alimento

El alimento se suministró diariamente a las 9 horas. La oferta inicial de alimento en cada corral se determinó para estos animales a partir de fórmulas de consumo y conversión para bovinos de carne (NRC, 1984). Una vez iniciado el ensayo esta cantidad se fue ajustando dos veces por semana, tomando como referencia el dato de remanente de alimento suministrado el día anterior. La cantidad ofrecida fue incrementada cuando el remanente fue inferior al 10%. Se utilizó el peso vivo inmediato anterior a cada ajuste como referencia para determinar la cantidad a ofrecer en los 3 días posteriores. Los ajustes subsiguientes se realizaron estimando el peso a partir de la última pesada y un aumento propuesto por las fórmulas de conversión para bovinos de carne (NRC, 1984)

Para suministrar el ensilaje se utilizó un carro mezclador distribuidor (marca Comofra SF 3000) con balanza incorporada (marca MASS-68). El expeller de girasol y el concentrado vitamínico - mineral con monensina, previo pesado, se suministraron mezclándolo en el comedero con el ensilaje.

Consumo de alimento

Se determinó en función de la cantidad de alimento ofrecido en el día y del remanente antes del suministro del día siguiente. Este dato luego se dividió por el número de animales contenido en el corral para estimar el CMS, CMSPV e IC individual.

Pesadas

Los animales se pesaron aproximadamente cada 21 días, con desbaste previo de 18 horas sin acceso al alimento y agua.

Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño en bloques aleatorizados completos al azar (DBCA), utilizándose el peso inicial como criterio de bloqueo (Tabla 2.1).

El modelo lineal para un ensayo en bloques con varias observaciones por celda (combinación tratamiento x bloque) fue el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \beta_j + t\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}, \text{ donde:}$$

Y_{ij} : observación del tratamiento i en la parcela j

μ : media general

t_i : efecto del i -ésimo tratamiento

β_j : efecto del j -ésimo bloque

$t\beta_{ij}$: interacción bloque x tratamiento

ε_{ijk} : es el error aleatorio asociado a la observación Y_{ij}

En el análisis de varianza de las variables PVini, PVfin y APVD se consideró al animal como unidad experimental, la prueba de Tratamientos se realizó contra la interacción bloque x tratamiento, según lo recomendado Newman *et al.* (1997), mientras que para CMS, CMSPV e IC se hizo contra el cuadrado medio residual, que en un ensayo en bloques con una observación por celda es la interacción bloque x tratamiento.

CAPÍTULO 3

RESULTADOS

PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA DE HÍBRIDOS DE SORGO EVALUADOS EN ENSAYOS COMPARATIVOS REALIZADOS EN LA EEA ANGUIL “GUILLERMO COVAS” DEL INTA

Análisis descriptivo

La DMS, con una media de 64,07 %, presentó una mediana, Mín, Máx, Q1 y Q2 de 64,55, 51,8, 69,2, 62,1 y 66,3, respectivamente. La diferencia absoluta entre la media y mediana (0,48) indicó la existencia de asimetría en la distribución de su la frecuencia relativa. Esta es negativa, y la corrobora la amplitud de cada cuartil (de izquierda a derecha) de 10,3, 2,45, 1,75 y 2,9. En términos relativos el primer cuartil fue un 320, 489 y 255 % mayor, respecto de los otros cuartiles.

El CV de la DMS, con un valor de 5,02, fue el menor frente a las demás variables las cuales en orden creciente se ubicaron de la siguiente forma: MS, PB, Prod MS/ha, % hoja, Prod MV/ha, Altura, % tallo y % panoja, con valores de 12,5, 20,9, 23,5, 26,6, 26,7, 28,1, 29 y 45,2, respectivamente (Tabla 3.1).

Tabla 3.1: Análisis descriptivo de los híbridos de sorgo para ensilaje evaluados en cinco años (2006-7 a 2010-11).

Variable	Media	Mediana	Mín	Máx	Q1	Q3	CV	DE	EE
DMS, %	64,0	64,5	51,8	69,2	62,1	66,3	5,02	3,22	0,25
Altura, m	2,11	2,05	0,89	3,69	1,61	2,48	28,1	0,59	0,05
Hoja, %	16,4	16	8	30,2	13,4	18,8	26,6	4,37	0,34
Tallo, %	50,8	49,7	27	78,9	36,3	63,3	29,0	14,75	1,14
Panoja, %	32,7	34,1	0,0	58,0	24	44,9	45,2	14,79	1,14
Prod MS/ha, tn	18,8	18,1	10,5	33,4	15,7	21,2	23,5	4,42	0,34
Prod MV/ha, tn	54,1	50,1	27,4	93,0	45,0	60,9	26,7	14,47	1,12
MS, %	35,3	35,0	24,3	49,0	33,3	37,5	12,5	4,42	0,34
PB, %	5,56	5,6	3,4	9	4,6	6,4	20,9	1,16	0,09

Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo; Q1: primer cuartil; Q3: tercer cuartil; CV: coeficiente de variación; DE: desvío estándar; EE: error estándar; Prod MS/ha y MV: producción de materia seca y verde en toneladas por hectárea.

Del análisis de correlación de Pearson (Tabla 3.2), surge que la DMS tuvo una correlación alta y negativa con altura (-0,57), % tallo (-0,68) y Prod MV/ha (-0,51), mientras que con % panoja presentó una alta correlación positiva (0,71). La correlación entre % hoja y % tallo, y entre % hoja y % panoja fueron bajas (-0,13 y -0,16) respectivamente, en cambio la correlación entre % tallo y % panoja fue alta y negativa (-0,96). El % PB tuvo una correlación negativa y alta con altura y % tallo (-0,61 y -0,56) respectivamente.

Tabla 3.2: Coeficientes de correlación y probabilidad de Pearson entre diferentes parámetros medidos en híbridos de sorgo evaluados en cinco años (de 2006-7 a 2010-11).

	Altura, m	Hoja, %	Tallo, %	Panoja, %	MS, %	Prod MS/ha, tn	Prod MV/ha, tn	PB, %	DMS, %
Altura, m	1	6E-06	0	0	0,01	0	0	0	0
Hoja, %	-0,34	1	0,09	0,04	5E-10	0,01	0,15	1,2E-04	0,11
Tallo, %	0,79	-0,13	1	0	1,8E-08	3,8E-07	0	0	0
Panoja, %	-0,69	-0,16	-0,96	1	0	1,7E-05	0	5,6E-11	0
MS, %	-0,2	-0,46	-0,42	0,55	1	0,72	1,5E-10	0,33	2,1E-05
Prod MS/ha, tn	0,58	-0,19	0,38	-0,33	0,03	1	0	2,1E-09	8,4E-07
Prod MV/ha, tn	0,59	0,11	0,54	-0,57	-0,47	0,86	1	3,5E-08	1,2E-12
PB, %	-0,61	0,29	-0,56	0,48	0,08	-0,44	-0,41	1	4,4E-11
DMS, %	-0,57	-0,12	-0,68	0,71	0,32	-0,37	-0,51	0,48	1

El número de filas es igual al de columnas e igual al de variables; los elementos de la diagonal son todos iguales a 1 ya que representan la correlación de una variable con si misma; por debajo de la diagonal principal se encuentra el coeficiente de correlación de Pearson y por encima el coeficiente de probabilidad (valores p, si = 0 hay correlación).

Análisis multivariado

En el análisis de componentes principales, como se observa en la Tabla 3.3, los dos primeros componentes principales explican el 92 % de la variación total de las variables.

Tabla 3.3: Análisis de Componentes Principales: Autovalores. Híbridos de sorgo para ensilaje evaluados en cinco años (2006-7 a 2010-11). Las variables incluidas fueron altura, % de hoja, tallo y panoja, % materia seca, producción de materia seca y verde, proteína bruta y digestibilidad de la materia seca.

Lambda	Valor	Proporción	Proporción Acumulada
1	6,68	0,74	0,74
2	1,59	0,18	0,92
3	0,48	0,05	0,97
4	0,14	0,02	0,99
5	0,07	0,01	1,00
6	0,04	4,00E-03	1,00
7	0,01	6,50E-04	1,00
8	6,10E-04	6,80E-05	1,00
9	9,60E-06	1,10E-06	1,00

Al construir el CP1 (Tabla 3.4), las variables % panoja, MS y DMS presentaron los pesos positivos más altos (0,38, 0,34 y 0,37, respectivamente). Mientras que los pesos negativos más altos fueron para % tallo, Prod. MS y MV (-0,37, -0,32 y -0,36, respectivamente). El CP2 complementa contraponiendo % hoja y PB con altura (0,66, 0,49 y -0,37, respectivamente).

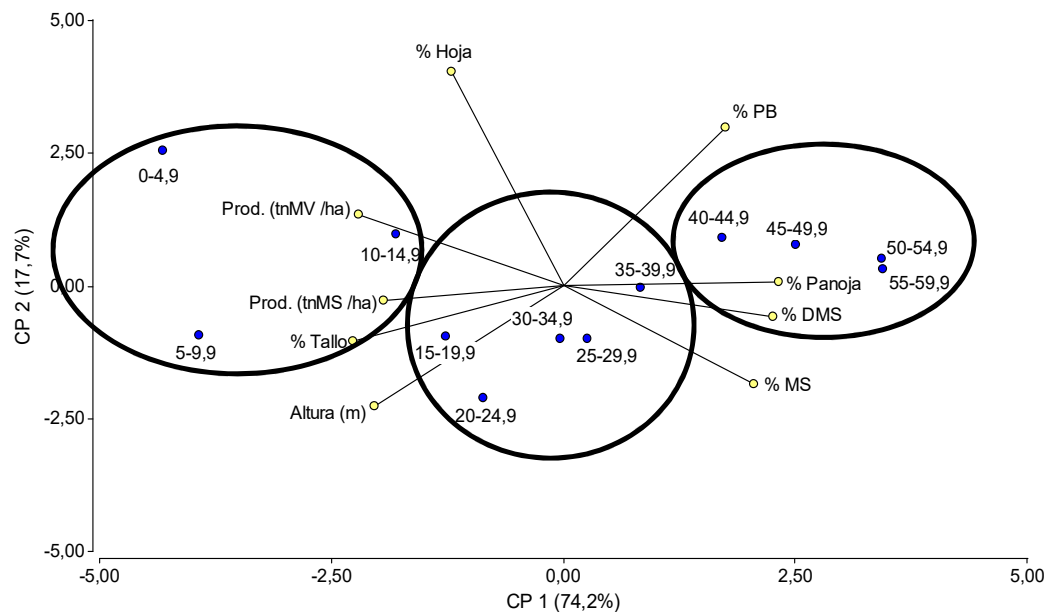
Como se observa en el gráfico Biplot (Figura 3.1), DMS tiene una correlación positiva y alta con % de panoja y MS, y media con % PB, negativa y alta con % de tallo, Prod MV/ha y Prod MS/ha, intermedia con la altura, y baja con el % de hoja. Respecto al criterio de clasificación, rangos % panoja, se observa un patrón en su distribución. Los rangos menores (0-4,9 a 10-14,9) están asociados a las variables de % tallo, altura y Prod de MV y MS, los mayores (40-44,9 a 55-59,9) a % panoja, DMS, PB y MS, mientras que los intermedios (15-19,9 a 35-39,9) no se asocian a las variables.

Tabla 3.4: Análisis de Componentes Principales: Autovectores. Híbridos de sorgo para ensilaje evaluados en cinco años (2006-7 a 2010-11). Las variables incluidas fueron altura, % de hoja, tallo y panoja, % materia seca, producción de materia seca y verde, proteína bruta y digestibilidad de la materia seca.

Variables	e1	e2
Altura (m)	-0,33	-0,37
% Hoja	-0,2	0,66
% Tallo	-0,37	-0,17
% Panoja	0,38	0,01
% MS	0,34	-0,3
Prod. (tnMS /ha)	-0,32	-0,05
Prod. (tnMV /ha)	-0,36	0,22
% DMS	0,37	-0,1
% PB	0,29	0,49

e1 y e2: Autovectores. Muestran los coeficientes con que cada variable originalmente fue ponderada para conformar las CP1 y CP2.

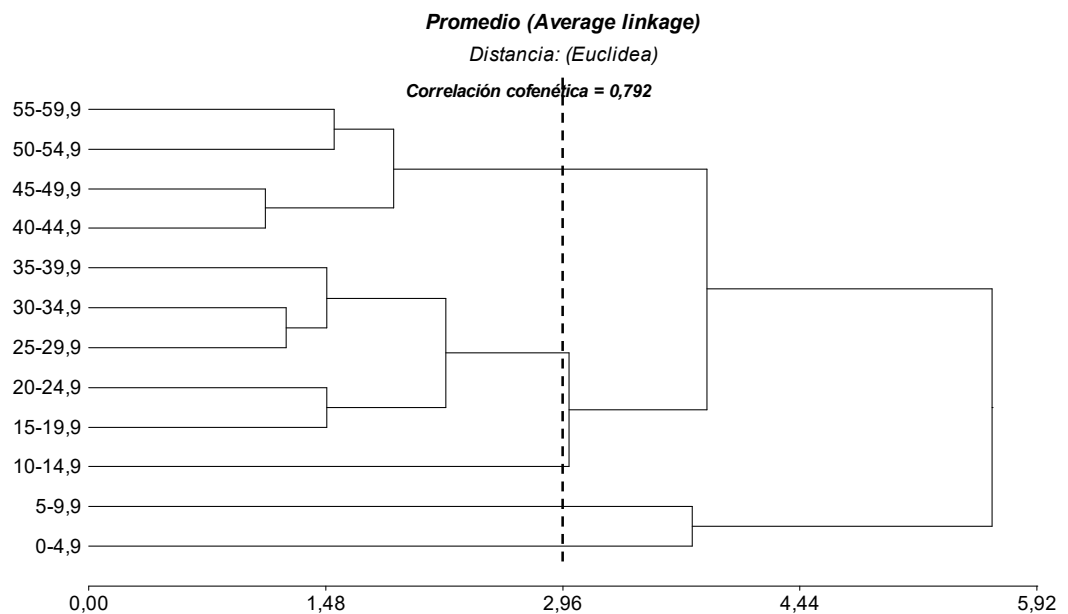
Figura 3.1: Gráfico Biplot: CP1 y CP2. Híbridos de sorgo evaluados para ensilaje durante cinco años (2006-7 a 2010-11).



Rangos de proporción de panoja en la planta: 0-4,9 %; 5-9,9 %; 10-14,9 %; 15-19,9 %; 20-24,9 %; 25-29,9 %; 30-34,9 %; 35-39,9 %; 40-44,9 %; 45-49,9 %; 50-54,9 %; y 55-59,9 %.

El análisis de conglomerados (Figura 3.2), como técnica de agrupamiento, complementa el análisis de componentes principales agrupando los rangos de % de panoja que presentan alguna particularidad en común. Como se puede observar en la Figura 3.2, las agrupaciones se relacionan al patrón de distribución del gráfico Biplot (Figura 3.1). Los rangos 0-4,9, 5-9,9 y 10-14,9 se mantienen individualmente, mientras que el resto se agrupan del rango 15-19,9 al 35-39,9, y del 40-44,9 al 55-59,9.

Figura 3.2: Dendrograma. Ensayo comparativo de híbridos de sorgo para ensilaje. Las variables incluidas fueron altura, % de hoja, tallo y panoja, % de materia seca, producción de materia seca y verde, proteína bruta y digestibilidad de la materia seca.



RELEVAMIENTO PROVINCIAL SOBRE LA CONFECCIÓN, CALIDAD NUTRITIVA Y UTILIZACIÓN DE ENSILAJE DE PLANTA ENTERA EN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

Encuesta 1(E1)

La encuesta se realizó a 37 productores comerciales de bovinos. Ellos manifestaron que unos 18 realizaban ciclo completo (cría, recría e internada), 8 recría e internada, 2 cría, 8 producción lechera y 1 cabaña de reproductores. Como se observa en la Tabla 3.5, el ensilaje es incluido en dietas para la mayoría de las categorías bovinas.

Tabla 3.5: Cantidad y proporción de dietas relevadas, por categoría animal, en que el ensilaje estuvo presente (de los 37 E1).

Actividad	Categoría	Cantidad	Proporción
Producción de carne	Vaca seca	10	12%
	Vaca lactando	10	12%
	Toros	5	6%
	Recría	14	16%
	Novillos	23	27%
	Vaquillonas	13	15%
Lechera	Vaca en ordeño	7	8%
	Vaca seca	0	0%
	Recría vaquillona	3	4%
Total		85	100%

El suministro a los animales lo realizan de dos formas. El 43% extrae el forraje del silo y lo suministra a través de comederos, mientras que el resto utiliza la técnica de autoconsumo. En este caso utilizan como barrera reguladora de avance del consumo elementos como una reja o boyero eléctrico (66,6 % y 33,3, respectivamente).

El 92 % de los productores complementa la dieta con algún ingrediente, ya sea de características energéticas, proteicas o energética - proteica. Los granos de maíz y sorgo son los elegidos para elevar el nivel energético de la dieta, mientras que

para elevar el nivel proteico utilizan expeller de girasol y de soja, grano de soja, verdeos de invierno, pasturas y rollos de alfalfa, y concentrados proteicos comerciales.

La combinación de ensilaje, con verdeos de invierno o pasturas de alfalfa, lo implementaron 20 productores (54 %). La primera combinación, 2 productores, la realizaron con el objetivo de prolongar el ciclo productivo y la utilización del verdeo en el tiempo durante su ciclo productivo. Mientras que, la combinación con pastura, un productor lo implementa para reducir el riesgo de metabolismo espumoso (timpanismo).

Si bien sólo el 46 % de los productores realizó el análisis de calidad de su ensilaje, un porcentaje mayor fue el que agregó algún ingrediente extra a la dieta (92 %). De ellos, el 12 % sólo agregó un ingrediente energético, el 26 % sólo agregó un ingrediente proteico, y el 62 % combinó con algún ingrediente energético y proteico. El componente proteico en general fue incluido por el 81 % de los productores encuestados.

En la Tabla 3.6 se puede observar los productores que previamente habían analizado la calidad de su ensilaje y cómo procedieron en la constitución de las dietas. Este grupo coincidió sólo con establecimientos de producción de carne, y no lechera. Curiosamente 3 de los 37 productores en que utilizan una dieta 100 % de ensilaje, sin el agregado de otros ingredientes, se encuentra en este grupo (productor n° 3, 8 y 15). Estos 3 productores, junto al n° 13, manifestaron utilizar dietas 100 % en base a ensilaje en categorías de alto requerimientos proteicos (recría, invernada, vacas en lactación) y energéticos (por ejemplo productor n° 17).

Tabla 3.6: Productores que habían analizado previamente la calidad de su ensilaje, su resultado para las variables DMS y PB según la muestra en el relevamiento realizado, y si lo combinaron con otro alimento en la dieta, y si este fue de características energéticas o proteicas.

Caso	Categoría	% DMS	% PB	Energética	Proteico
1	Novillo – Vaquillona	56,0	5,6	X	X
2	Novillo	59,9	5,1	X	X
3	Todas	62,3	8,5	---	---
4	Todas	58,5	6,0	X	X
5	Novillo	65,0	5,2	X	X
6	Novillo – Vaquillona	60,7	6,2	X	X
7	Recría – Novillo	62,3	6,0	X	X
8	Novillo	67,1	7	---	---
9	Recría - Novillo – Vaquillona	61,7	4,3	X	X
10	Recría - Novillo – Vaquillona	62,3	5,7	X	X
11	Recría - Novillo – Vaquillona	60,6	4,3	X	X
12	Vaca cría lactando – Recría	65,2	9,3	---	X
13	Novillo	61,5	8,5	X	---
14	Vaca cría lactando	66,8	9,0	X	X
15	Todas	62,2	10,2	---	---
16	Vaca cría seca – Novillo	70,9	7,7	X	X
17	Recría – Novillo	56,4	6,8	---	X

Categoría Todas: incluye vaca de cría en sus distintas etapas fisiológicas, toros, recría e invernada.

Energético y proteico: Característica del/los ingredientes incluidos en la dieta junto al ensilaje.

X: fue incluido; ---: no fue incluido.

Encuestas 2 (E2)

En cuanto al tipo de ensilaje utilizado, Kent *et al.* (2012 y 2013), relevaron que un 94 % se correspondió con el tipo bolsa, mientras que el resto es tipo torta.

La Tabla 3.7 detalla la especie y los tipos de cultivos utilizados en la confección de los ensilajes. De los 163 relevados, el 62 % y 38 % se correspondieron con sorgo y maíz, respectivamente (Jouli *et al.*, 2009 y 2010; Kent *et al.*, 2012 y 2013). La E1 relevó la preferencia de la primera especie por su seguridad productiva ante la variabilidad en las condiciones ambientales.

Dentro de los sorgos, los híbridos caracterizados como sileros, fueron los más utilizados (30,7 %), seguidos de los sudaneses (24,8 %), mientras que para maíz la semilla más utilizada fue la no certificada con un 58,1 %, seguido de los híbridos

comerciales graníferos con un 30,6 %. La utilización de semilla no certificada, entre ambas especies, representó el 34,4 % del total.

El término semilla no certificada refiere a que no ha seguido el proceso de control oficial del INASE. Este tipo de semilla es de uso frecuente en la provincia, siendo denominada vulgarmente como “hija de híbrido” en sorgo y maíz. El motivo expresado por los encuestados en cuanto a su utilización se relacionó con el riesgo que conlleva la variabilidad en las condiciones ambientales sobre la seguridad del cultivo, por lo que no decidieron priorizar la calidad genética.

Tabla 3.7: Cantidad y proporción de ensilajes por especie y tipo de híbrido.

Especie	Tipo híbrido	Nº	Proporción por especie	Proporción del total
Sorgo	Granífero	9	8,9 %	5,5 %
	Doble propósito	16	15,8 %	9,8 %
	Silero	31	30,7 %	19,0 %
	Sudanense	25	24,8 %	15,3 %
	Semilla no certificada	20	19,8 %	12,3 %
	Subtotal	101	100,0 %	
Maíz	Granífero	19	30,6 %	11,7 %
	Silero	7	11,3 %	4,3 %
	Semilla no certificada	36	58,1 %	22,1 %
	Subtotal	62	100,0 %	
Total		163		100 %

Digestibilidad de la materia seca de los ensilajes

La evaluación de la DMS de los ensilajes por especie, sorgo y de maíz, en los cultivos realizados con semilla certificada, manifestó diferencias significativas ($p < 0,05$). El ensilaje de maíz superó al de sorgo en más de 5 puntos (Tabla 3.8). La misma diferencia significativa ($p < 0,05$) se encontró para los ensilajes confeccionados con semilla sin certificar, donde el maíz también fue superior al sorgo en más de 5 puntos (Tabla 3.9).

Tabla 3.8: Digestibilidad de la materia seca, por especie, de ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla certificada.

Especie	N	Medias	DE	p – valor
Sorgo	81	60,13	3,95	< 0,0001
Maíz	26	65,52	2,95	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

Tabla 3.9: Digestibilidad de la materia seca, por especie, de los ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla sin certificar.

Especie	N	Medias	DE	p – valor
Sorgo	20	58,68	3,33	0,0089
Maíz	36	64,48	3,14	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

La evaluación de la DMS por especie, según el tipo de semilla que dio el origen al cultivo (certificada o no), manifestó diferencias significativas ($p < 0,05$) para sorgo, pero no para maíz ($p > 0,05$). El ensilaje de sorgo proveniente de semilla certificada supero en 1,45 puntos a los de semilla no certificada.

Tabla 3.10: Digestibilidad de la materia seca de los ensilajes de sorgo por tipo de semilla (certificada o no).

Tipo semilla	N	Medias	DE	p – valor
Certificada	81	60,13	3,95	0,0447
No certificada	20	58,68	3,33	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

Tabla 3.11: Digestibilidad de la materia seca de los ensilajes de maíz por tipo de semilla, certificada o no.

Tipo semilla	N	Medias	DE	p – valor
Certificada	26	65,52	2,95	0,3726
No certificada	36	64,48	3,14	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

La evaluación de la DMS, por tipo de híbrido y especie, manifestó diferencias significativas ($p < 0,05$). Los ensilajes de sorgos sudanenses y sileros no difieren entre sí, siendo inferiores al resto; mientras que los ensilajes de sorgo silero y doble

propósito no difieren entre sí, así como este último con el granífero, siendo superior el segundo grupo; y por último los ensilajes de sorgo granífero con los de maíz granífero y silero no difieren entre sí, y son los que mayor DMS presentan (Tabla 3.12).

Tabla 3.12: Digestibilidad de la materia seca de los ensilajes por tipo de híbrido y especie.

Especie	Tipo híbrido	N	Medias	DE	p – valor
Sorgo	Sudanense	25	58,10 a	4,41	< 0,0001
	Silero	31	59,89 ab	2,63	
	Doble propósito	16	62,30 bc	4,15	
	Granífero	9	62,73 cd	3,04	
Maíz	Granífero	19	65,6 d	3,29	
	Silero	7	65,31 d	1,89	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

Letras distintas difieren entre sí ($p < 0,05$).

El estado de madurez del cultivo al momento de picado y confección del ensilaje no se diferenció significativamente ($p > 0,05$) para la variable DMS en ambas especies (Tabla 3.13 y 3.14). En los ensilajes de sorgo y maíz, unos 12 y 6 productores, respectivamente, no presentaron el dato para la variable estado del grano.

Tabla 3.13: % Digestibilidad de la materia seca, según el estado del grano al momento del picado ensilado de los cultivos de sorgo.

Estado del grano	N	Medias	D.E.	p – valor
Duro	10	61,07	2,85	> 0,999
Pastoso-Duro	2	62,48	1,73	
Pastoso	41	60,97	3,8	
Lechoso-Pastoso	8	60,88	2,41	
Lechoso	16	58,85	2,87	
Sin grano	12	56,2	3,77	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

Tabla 3.14: % Digestibilidad de la materia seca, según el estado del grano al momento del picado y ensilado, de los cultivos de maíz.

Estado del grano	N	Medias	D.E.	p – valor
Duro	5	66,16	3,93	> 0,999
Pastoso-Duro	3	67,98	1,07	
Pastoso	30	64,87	2,53	
Lechoso-Pastoso	6	66,12	3,09	
Lechoso	7	64,2	3,99	
Sin grano	5	61,19	3,46	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

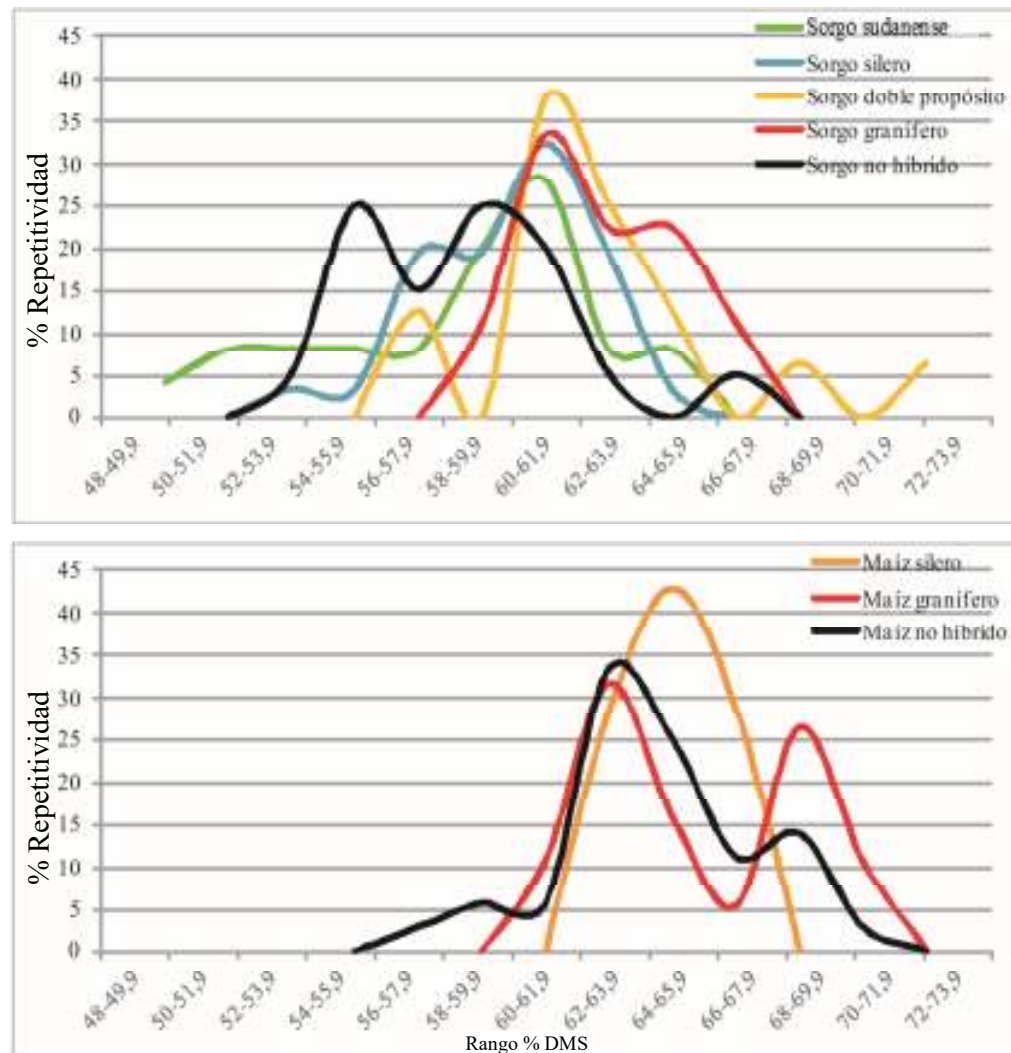
El análisis de la distribución de la variable DMS (Tabla 3.15), por tipo de híbrido, resultó que los de maíz silero presentaron menor amplitud (5,7 puntos). Le siguieron los de maíces graníferos junto a los de sorgos graníferos y sileros (menos de 11 puntos). Los de sorgos doble propósito, sudanense y maíz de semilla sin certificar presentaron las mayores amplitudes (más de 15 puntos). Respecto a la amplitud entre cuartiles (Q1 - Q2), los de sorgos doble propósito, sileros, maíces sileros y de semilla sin certificar presentaron los menores valores (menos de 4 puntos). Los de sorgos sudanenses presentaron la mayor amplitud (7 puntos). En la Figura 3.3 se puede observar con mayor claridad esta distribución, y la superioridad del maíz sobre el sorgo.

Tabla 3.15: Media y medidas de distribución de la digestibilidad de la materia seca de ensilaje por especie y origen de la semilla.

Especie	Tipo de híbrido	N	Media	Mín	Máx	Q1	Q3
Sorgo	Granífero	9	62,7	58,1	67,9	60,6	64,9
	Doble propósito	16	62,3	56,3	72,7	60,1	63,7
	Silero	31	59,9	53,9	64,7	57,8	61,7
	Sudanense	25	58,1	49,0	65,0	54,4	61,4
	S/D	20	58,6	53,7	67,4	55,6	61,2
Maíz	Granífero	19	65,6	60,3	71,0	63,1	68,5
	Silero	7	65,3	62,3	68,0	63,7	66,9
	S/D	36	64,5	56,0	71,3	62,9	66,2

N: cantidad; Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo; Q1: primer cuartil; Q3: tercer cuartil. S/D: semilla no certificada.

Figura 3.3: Distribución porcentual, por especie y tipo de semilla, de la digestibilidad de la materia seca de ensilajes.



Proteína bruta de los ensilajes

La evaluación del contenido de PB de los ensilajes por especie, en los cultivos realizados con semilla certificada, manifestó diferencias significativas ($p < 0,05$). El ensilaje de maíz superó al de sorgo en más de 1,55 puntos (Tabla 3.16). El mismo resultado ($p < 0,05$) se encontró para los ensilajes confeccionados con semilla sin certificar, donde el maíz también fue superior al sorgo en más de 1,35 puntos (Tabla 3.17).

Tabla 3.16: Proteína bruta (% , base seca) por especie, de ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla certificada.

Especie	N	Medias	D.E.	p - valor
Sorgo	81	6,39	1,57	0,0001
Maíz	26	7,94	1,63	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

Tabla 3.17: Proteína bruta (% , base seca), por especie, de los ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla sin certificar.

Especie	N	Medias	D.E.	p – valor
Sorgo	20	6,26	1,49	0,004
Maíz	36	7,56	1,54	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

La evaluación de la % PB por especie, según el tipo de semilla que se utilizó para el cultivo (certificada o no), no manifestó diferencias significativas ($p > 0,05$) para sorgo y maíz (Tabla 3.18 y 3.19).

Tabla 3.18: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes de sorgo por tipo de semilla (certificada o no).

Tipo semilla	N	Medias	D.E.	p – valor
Certificada	81	6,39	1,57	0,6856
No certificada	20	6,26	1,49	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

Tabla 3.19: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes de maíz por tipo de semilla (certificada o no).

Tipo semilla	N	Medias	D.E.	p - valor
Certificada	26	7,94	1,63	0,3881
No certificada	36	7,56	1,54	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

La evaluación del contenido de PB, por tipo de híbrido y especie, se manifestó diferencias significativas ($p < 0,05$; Tabla 3.20). Los ensilajes de sorgos sudanense, silero y doble propósito no se diferenciaron entre sí, siendo inferiores al resto; mientras que los ensilajes de sorgo sudanense, doble propósito y granífero conformaron otro grupo ubicándose en segundo lugar; un tercer y último grupo

conformado por los ensilajes de sorgo doble propósito, granífero y los ensilajes de maíz granífero y silero. A su vez, también se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre especies para los ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla sin certificar (Tabla 3.20).

Tabla 3.20: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla certificada.

Especie	Tipo híbrido	N	Medias	Mediana	DE	p – valor
Sorgo	Silero	31	6,00 a	5,6	1,55	0,0009
	Sudanense	25	6,15 ab	6,1	1,62	
	Doble propósito	16	6,99 abc	6,72	1,4	
	Granífero	9	7,33 bc	7,3	1,27	
Maíz	Granífero	19	8,00 c	7,47	1,79	
	Silero	2	7,79 c	8,14	1,21	

N: cantidad; DE: desvío estándar; p: nivel de significancia.

Letras distintas difieren entre sí ($p < 0,05$).

El estado de madurez del cultivo, al momento de picado y confección del ensilaje, no se diferenció significativamente ($p > 0,05$) para la variable PB en ninguna de las dos especies (Tabla 3.21 y 3.22). En los ensilajes de sorgo y maíz, unos 12 y 6 productores, respectivamente, no presentaron el dato para esta variable (estado del grano).

Tabla 3.21: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes según el estado del grano al momento del picado y ensilado, de los cultivos de sorgo.

Estado del grano	N	Medias	DE	p – valor
Duro	10	6,26	1,28	> 0,999
Pastoso-Duro	2	7,68	0,25	
Pastoso	41	6,91	1,49	
Lechoso-Pastoso	8	5,96	1,67	
Lechoso	16	5,83	1,32	
Sin grano	12	6,08	1,91	

Tabla 3.22: Proteína bruta (% , base seca) de los ensilajes según el estado del grano al momento del picado y ensilado, de los cultivos de maíz.

Estado del grano	N	Medias	DE	p – valor
Duro	5	8,6	0,69	> 0,999
Pastoso-Duro	3	6,43	29	
Pastoso	30	8,02	1,81	
Lechoso-Pastoso	6	6,98	0,91	
Lechoso	7	7,72	1,37	
Sin grano	5	6,76	1,49	

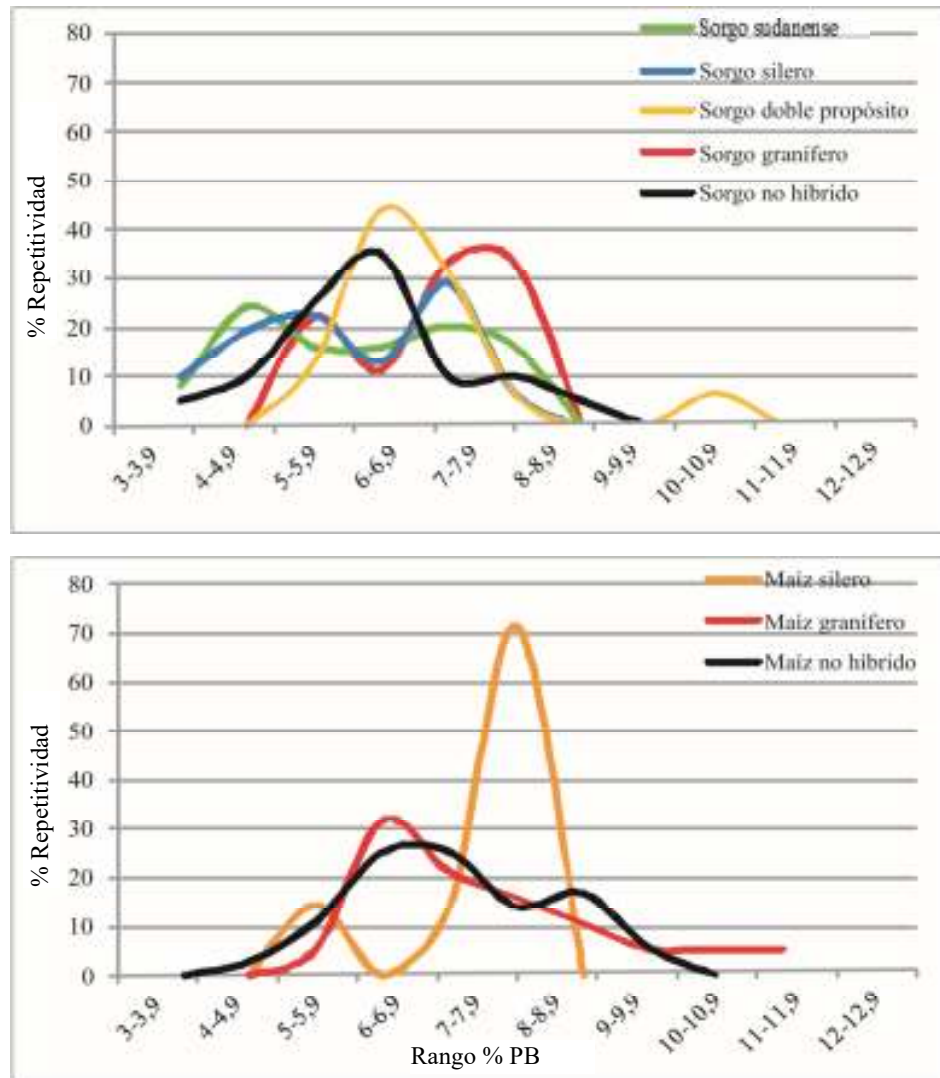
Al analizar la distribución de la variable PB (Tabla 3.23), por tipo de ensilaje, los de sorgo granífero y maíz silero presentaron la menor amplitud (menos de 3,8 puntos). Los de sorgo doble propósito, maíz granífero y ambas especies de semilla sin certificar presentaron la mayor amplitud (más de 6,2 puntos). Respecto a la amplitud entre cuartiles (Q1 - Q2), los de sorgo doble propósito y maíz silero fueron inferiores a 1 punto. Los de mayor amplitud fueron los de sorgo silero y sudanense (más de 3 puntos). En la Figura 3.4 se puede observar con mayor claridad esta distribución, y la superioridad del maíz sobre el sorgo.

Tabla 3.23: Media y medidas de distribución para la proteína bruta (% , base seca) por especie y origen de la semilla.

Especie	Tipo	N	Media	Mín	Máx	Q1	Q3
Sorgo	Granífero	9	7,33	5,5	8,8	6,3	8,8
	Doble propósito	16	6,99	5	11,4	6,4	7,3
	Silero	31	6,0	3,5	8,6	4,5	7,5
	Sudanense	25	6,15	3,8	8,7	4,7	7,8
	S/D	20	6,26	3,5	9,7	5,2	6,9
	Total	101	6,36	3,47	11,4	5,1	7,5
Maíz	Granífero	19	8,0	5,7	12	6,7	9,1
	Silero	7	7,79	5,2	9	7,7	8,2
	S/D	36	7,56	4,5	10,8	6,5	8,8
	Todos	62	7,72	4,49	12,0	6,6	8,9

Mín: valor mínimo; Máx: valor máximo; Q1: primer cuartil; Q3: tercer cuartil.

Figura 3.4: Distribución porcentual, por especie y tipo de semilla, de la proteína bruta (% en base seca).



Contenido de materia seca en los ensilajes

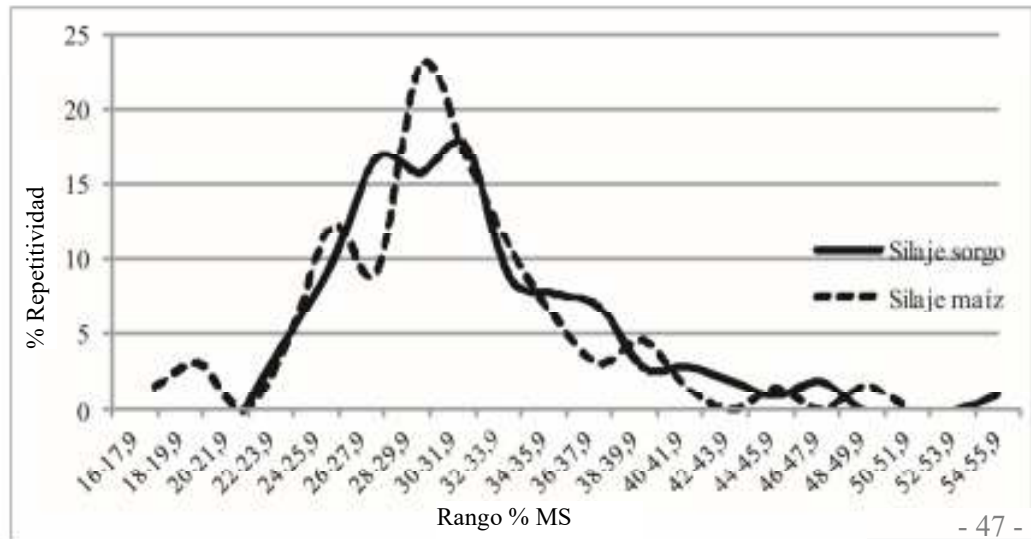
El nivel de MS en los ensilajes relevados presentó una amplia dispersión (Tabla 3.24). Considerando el rango en contenido de MS propuesto por Rodríguez *et al.* (2009b), 30 - 40 %, en ambas especies se observó un comportamiento similar respecto a la proporción que se ubicó por debajo del rango, entre el rango y superior al rango. Por este motivo, en la Tabla 3.24, se presenta el comportamiento para ambas especies en su conjunto, donde del total de ensilajes el 49,7 % fue inferior a 30 % MS, el 7,4 % fue superior al 40 % MS, y el resto se ubicó dentro del rango. En

la Figura 3.5 se observa la distribución similar para ambas especies respecto de este rango.

Tabla 3.24: Distribución porcentual y acumulada de los ensilajes, por especie y total, para la variable porcentaje de materia seca.

Especie	Sorgo		Maíz		Sorgo + Maíz	
	Rangos MS, %	%	% Acumulado	%	% Acumulado	% Acumulado
16-17,9	0	0	1,6	1,5	0,6	0,6
18-19,9	0	0	3,1	4,6	1,2	1,8
20-21,9	0	0	0	4,6	0,0	1,8
22-23,9	4,9	4,9	4,6	9,2	4,9	6,7
24-25,9	9,8	14,7	12,3	21,5	11,0	17,8
26-27,9	16,7	31,4	9,2	30,7	14,1	31,9
28-29,9	15,7	47,1	23,1	53,8	17,8	49,7
30-31,9	17,6	17,6	16,9	16,9	16,6	16,6
32-33,9	8,8	26,4	10,8	27,7	9,8	26,4
34-35,9	7,8	34,2	6,2	33,9	7,4	33,7
36-37,9	6,9	41,1	3,1	37	5,5	39,3
38-39,9	2,9	44,0	4,6	41,6	3,7	42,9
40-41,9	2,9	2,9	1,5	1,5	2,5	2,5
42-43,9	2	4,9	0	1,5	1,2	3,7
44-45,9	1	5,9	1,5	3	1,2	4,9
46-47,9	2	7,9	0	3	1,2	6,1
48-49,9	0	7,9	1,6	4,6	0,6	6,7
50-51,9	0	7,9	0	4,6	0,0	6,7
52-53,9	0	7,9	0	4,6	0,0	6,7
54-55,9	1	8,9	0	4,6	0,6	7,4

Figura 3.5: Distribución porcentual, por especie, de los ensilajes en función de la variable % materia seca.



Con el objetivo de verificar si existe alguna relación entre el contenido de MS del ensilaje con la especie y el tipo de híbrido se evaluó sin encontrar diferencias significativas ($p > 0,05$; Tabla 3.25). El mismo análisis se realizó para los ensilajes confeccionados con cultivos realizados con semilla sin certificación, encontrando el mismo resultado entre especies ($p > 0,05$; Tabla 3.26).

Tabla 3.25: Contenido porcentual de materia seca de los distintos ensilajes evaluados, confeccionados con cultivos realizados con semilla certificada.

Especie	Tipo híbrido	N	Medias	DE	p – valor
Sorgo	Granífero	9	37,5	8,79	0,1226
	Doble propósito	16	31,2	4,49	
	Sudanense	25	29,4	4,55	
	Silero	31	30,9	4,92	
Maíz	Granífero	19	30,6	5,59	
	Silero	7	29,8	3,7	

Tabla 3.26: Contenido porcentual de materia seca de los distintos ensilajes evaluados, confeccionados con cultivos realizados con semilla sin certificación.

Especie	N	Medias	DE	p – valor
Sorgo	20	32,18	6,96	0,2484
Maíz	36	29,71	6,33	

RESPUESTA ANIMAL (CONSUMO, AUMENTO DE PESO Y EFICIENCIA DE CONVERSIÓN) OBTENIDA CON DIETAS QUE INCLUYEN ENSILAJES CONFECCIONADOS CON HÍBRIDOS DE SORGOS CONTRASTANTES EN SU NIVEL DE GRANO.

Ensayo 1

Calidad nutricional de las dietas

Tabla 3.27: Calidad nutricional de las dietas del ensayo 1.

Tratamiento	FDN, %	FDA, %	DMS, %	EM, Mcal/kg MS	PB, %	MS, %	pH	C, %
Tgr	53,4	31,9	63,2	2,3	12,6	50,7	4,2	7,8
Tsil	59,4	34,1	61,5	2,2	12,6	48,1	4,03	7,4
Tsud	55,1	33,3	62,5	2,32	12,6	48,2	4,1	6,4

Resultados

El análisis del ensayo 1 no manifestó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos para las variables PVinic, PVfin, APVD, e IC. Sí resultó diferente significativamente ($p < 0,05$) Tgr, superando a Tsil y Tsud en las variables CMS y CMSPV (Tabla 3.28).

Tabla 3.28: Respuesta animal obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgo contrastantes en su nivel de grano.

	Tgr	Tsil	Tsud	EE	F	p – valor
PVinic, kg	279,8	279,7	279,0	4,009	0,109	0,9946
PVfin, kg	350,8	351,8	358,0	4,613	0,677	0,6694
APVD, g/d	990	983	1020	44,695	0,528	0,7813
CMS, kg/d	8,87 a	8,04 b	8,36 b	0,136	9,6	0,0135
CMSPV, %	2,82 a	2,56 b	2,63 b	0,042	10,282	0,0115
IC, kg CMS/kg APVD	8,95	8,24	8,24	0,222	3,446	0,1008

p = Nivel de significancia = $p < 0,05$.

Letras diferentes en una fila indican diferencias significativas.

Ensayo 2

Calidad nutricional de las dietas

Tabla 3.29: Calidad nutricional de las dietas del ensayo 2.

Tratamiento	FDN, %	FDA, %	DMS, %	EM, Mcal/kg MS	PB, %	MS, %	pH	C, %
Tsil	54,4	32	62,8	2,27	12,5	44,8	4,19	8,55
Tsud	65,1	39,7	56,7	2,05	12,53	40,7	4,19	9,73

Resultados

El análisis del ensayo 2 no manifestó diferencias significativas ($p > 0,05$) entre los tratamientos, para las variables PV_{inic}, PV_{fin}, APVD e IC. Sí resultó mayor ($p < 0,05$) Tsil que Tsud para las variables CMS y CMSPV (Tabla 3.30).

Tabla 3.30: Respuesta animal obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgo contrastantes en su nivel de grano.

	Tsil	Tsud	EE	F	p – valor
PV _{inic} , kg	318,9	319,1	2,918	0,016	0,9973
PV _{fin} , kg	394,7	385,1	4,520	0,583	0,6317
APVD, g/d	701	611	25,616	1,872	0,1613
CMS, kg/d	9,80	7,32	0,122	205,584	0,0007
CMSPV, %	2,75	2,08	0,031	235,853	0,0006
IC, kg CMS/kg APVD	14,1	12,07	0,775	3,441	0,1606

p = Nivel de significancia = $p < 0,05$.

DISCUSIÓN

Utilización del ensilaje en los sistemas productivos

El relevamiento regional, a través de la E1, confirmó la importancia del ensilaje como recurso forrajero (Pordomingo, 2013b), porque participa en las dietas de la mayoría de las categorías de animales presentes en la región. Un dato interesante, de las 85 situaciones relevadas (en las 37 E1), es que el 42 % se correspondió con dietas de novillos y vaquillonas. Esto se relaciona negativamente con la orientación que se percibió respecto a las experiencias científicas citadas, donde en su mayoría han utilizado categorías correspondientes a la recría (Juan y Jouli, 2001; De León *et al.*, 2002; De León *et al.*, 2004; Depetris *et al.*, 2007a y 2007b; Salado *et al.*, 2007; De León y Giménez, 2008; Flores *et al.*, 2010; Mónaco *et al.*, 2013) a excepción de Mónaco *et al.* (2013) y Toll Vera *et al.* (2007) que utilizaron animales de mayor peso.

En cuanto a la elección de la especie a ensilada en la región, el sorgo superó al maíz, siendo de un 62 % versus 38 % (Tabla 3.7). Esta diferencia, a favor del sorgo, es coincidente con la bibliografía citada en cuanto a sus ventajas agronómicas como cultivo en regiones marginales (Nevens and Kendall, 1954; Ackerson and Krieg, 1977; Salado *et al.*, 2007; Otero *et al.*, 2008; Di Marco *et al.*, 2009), siendo este aspecto reconocido por los productores.

Dentro de los tipos de sorgos ensilados (Tabla 3.7), el silero fue el más utilizado seguido del sudanense (30,7 y 24,8 %, respectivamente). Los graníferos y los de semilla no certificada (para los cuales se estima que, por el hecho de haber sido cosechados, en su origen presentaron características del tipo granífero, por altura de planta y proporción de panoja), sumaron el 28,7 % del total (8,9 y 19,8 %, respectivamente). De estas proporciones se podría deducir que para el productor, en la confección de ensilaje, la búsqueda del máximo nivel de grano vinculado con mayor DMS (Arias *et al.*, 2008; Bendersky *et al.*, 2009) no es prioritario ante un mayor volumen de MS (Hall, 2008). Los tipos doble propósito en esta

interpretación tendrían un rol neutral, justamente por lo que indica su nombre (grano - ensilaje).

Un aspecto interesante de los cultivos utilizados en la confección de ensilaje, a profundizar en su debido momento, es la utilización de semilla no certificada en su implantación. Independientemente de la especie, sorgo y maíz, el 34,4 % fue de esta categoría (Tabla 3.7). El motivo que manifiestan los productores se corresponde con el riesgo que impone la variabilidad en las condiciones ambientales sobre la seguridad de lograr buenos resultados productivos, por lo que optan en utilizar semilla de bajo costo.

Independientemente del rol del ensilaje, en la dieta, su suministro se acota al autoconsumo o extracción mecánica y puesto en comedero. El autoconsumo, siendo utilizado en el 57 % de los productores, demostró ser una alternativa valorada en establecimientos de limitada infraestructura. Entre sus ventajas, respecto del comedero, De León y Giménez (2013) destacan el menor costo de alimentación al minimizar las necesidades de mano de obra y de uso de maquinaria. El uso del boyero eléctrico, como barrera de avance en el frente de consumo del ensilaje, además de la reja, resultó una alternativa práctica y económica ante la reja, optada por el 33,3 % de los productores.

La suplementación o complementación del ensilaje con otro alimento se presentó en el 92 % de los productores. Esto, al contrastarse con las opciones de suministro, significa que existen casos de autoconsumo (57 %) en los que se utilizan comederos para ofrecer otros alimentos. La utilización de recursos necesarios para su suministro, podría calificarse como una actitud gerencial positiva. Esto, considerando que los ensilajes de estas especies son deficientes en PB (De León, 2004; Freddi *et al.* 2007; Rodríguez *et al.*, 2009a), siendo necesaria su corrección, especialmente en categorías de recria. Y otra posibilidad, según Pordomingo (2013a), sería incrementando el nivel energético de la dieta con el fin de mejorar el performance animal.

Respecto al déficit proteico de estos ensilajes, el 81 % de los encuestados incorporó algún componente de característica proteica en la dieta. El 67 %, como opción utilizó verdeos de invierno y pasturas de alfalfa en pastoreos horarios. Esta alternativa ha demostrado ser muy eficiente, permitiendo incrementar la carga

animal sin afectar las GPVD (Abdelhadi *et al.*, 2001; Abdelhadi and Santini, 2006), debido a la complementación de sus características energéticas y proteicas que ofrecen por separado ambos recursos forrajeros.

La importancia de conocer la calidad nutritiva de los ensilajes, mediante el análisis de calidad nutritiva, es una cuestión considerada importante en cada instancia que se corresponda con actividades de extensión dentro del área de producción animal (experiencia personal). Que el 81 % de los productores corrija el nivel proteico, cuando sólo menos de la mitad realiza el análisis de su ensilaje, es muy valorable ya que cualquier aporte reduciría el déficit. A su vez, surge un alerta sobre la interpretación de sus resultados para quienes lo realizan, respecto de cómo confeccionan finalmente la dieta (Tabla 3.6).

Un tema no menor, vinculado al momento de picado, fue el estado de madurez del cultivo ensilado. La mitad de los ensilajes presentaron un nivel en MS inferior al 30 %, independientemente de la especie (Tabla 3.24). Ensilajes confeccionados con esta característica, no presentarían las mejores condiciones para un adecuado suceso de las fases del ensilado (Adesogan and Newman, 2010), ya que se producirían importantes pérdidas de nutrientes por escurrimiento de efluentes, generarían condiciones adecuadas para la proliferación de bacterias del género *Clostridium* (Rodríguez *et al.*, 2009b; Adesogan and Neuman, 2010) y no se habría logrado el máximo rendimiento y digestibilidad de la MS (Torrecillas *et al.*, 2011). Respecto a las pérdidas por efluentes, Cattani *et al.* (2008b) menciona contenidos entre 6 y 8 % de MS para este líquido de alto valor nutritivo, rico en azúcares y proteínas más solubles.

Por otro lado, la MS de los ensilajes en un nivel superior al 40 %, representaron el 7,4 % del total. El bajo nivel de humedad dificulta la compactación y en consecuencia la eliminación del oxígeno, factor que favorece el incremento de la temperatura, producto de la respiración de las células vegetales y actividad de los microorganismos aeróbicos. Adesogan and Newman (2010) mencionan que con un nivel de hasta 40 % MS, no habría inconvenientes en el ensilado.

Otra desventaja a considerar, cuando se pica un cultivo con menos del 30 % MS, es el incremento del costo por tonelada de MS ensilada. Independientemente, en que sea el propio productor o un contratista quien realice el ensilaje, al

incrementarse el nivel de humedad en el cultivo obviamente, esta agua en exceso, acompañara la MS en todo el proceso aumentando el trabajo de la picadora, transporte y volumen de almacenaje. Esto se traduce en mayor energía e infraestructura para procesar y guardar agua. El mayor volumen de picado, debido al mayor contenido de humedad, puede analizarse en el contexto de la propuesta de la CACF (2015) donde, el costo de confección de un ensilaje, tiene un precio base por hectárea de cultivo procesado, más un adicional por tonelada de rendimiento de MV.

Diferencia nutritiva entre tipos de sorgos, antes y después del ensilado

En primer lugar, resulta necesario detallar algunos aspectos distintivos entre la información resultante de los ensayos comparativos, realizados en la EEA Anguil “Guillermo Covas” de INTA, y la procedente de los establecimientos productivos privados.

Una de las diferencias es que los ensayos comparativos de materiales generan información a partir de forraje fresco, es decir que no han sido afectados por el denominado proceso de ensilado. El cual, según Adesogan and Newman, (2010), se constituye de una serie de fases consecutivas las cuales tienen dependencias directas del material original, condiciones ambientales, tipo de ensilaje realizado y del conjunto de actividades realizadas para su confección. Los cambios significativos en el transcurso de estas fases, pueden resumirse a la degradación de azúcares y proteínas, generándose como productos dióxido de carbono y agua, luego ácidos orgánicos, alcoholes y componentes nitrogenados. La hemicelulosa sería otro de los componentes parcialmente solubilizado en la generación de ácido láctico, acetato y etanol (Yosef *et al.*, 2009). La suma del tiempo de cada fase hasta que el material queda estabilizado puede durar semanas, y el conjunto de todas estas variables determinará la calidad del producto final, el ensilaje. Torrecillas *et al.* (2011) valida la inferencia de la calidad de forraje fresco a ensilaje, pero advierte cuando se compara entre sorgos azucarados y graníferos.

Otro punto a remarcar, es que los ensayos comparativos tienen una metodología de trabajo común. Mientras que los ensilajes, muestreados en los establecimientos privados, son independientes en cuanto a las variables involucradas.

El análisis de la información, correspondiente a los ensayos comparativos, demostró diferencias importantes respecto a los sorgos evaluados. La variable DMS, central en el presente trabajo, presentó una amplitud de 17,4 puntos (Mín – Máx: 51,8 - 69,2 %, Tabla 3.1), lo que se justificaría como un factor determinante en la elección del genotipo con destino a ensilaje. Con DMS próximos a los mencionados, De León y Giménez (2008) y Depetris *et al.* (2007a), lograron APVD de 300 a 942 g/día. Conocer el potencial de cada híbrido, independientemente de su tipo, permitiría seleccionar los recursos en función de los objetivos.

En el análisis, es importante observar el comportamiento de la DMS en cuanto a la distribución de su frecuencia relativa. Específicamente la amplitud del primer cuartil respecto de los demás, el cual si se traduce en potencial productivo, es sumamente significativo el cambio del resultado al transitar dentro del rango (Tabla 3.1).

La DMS, a través de su CV (5,02), describe menor variación respecto de las demás variables (28,1, 29, 45,2 y 23,5 para altura, tallo, panoja y Prod MS/ha, respectivamente). Esto se interpreta con que frente a cambios significativos en otras variables, como por ejemplo % de tallo y panoja, la DMS se comporta con mayor estabilidad (Tabla 3.1).

En términos de correlación (Pearson), se observa coincidencia con la bibliografía citada (Arias *et al.*, 2008; Bendersky *et al.*, 2009) en que existe una alta relación positiva (0,71) entre DMS y % panoja en la planta al momento del picado y ensilado del cultivo. En contraposición la DMS presenta una importante correlación negativa con la altura (-0,57), % tallo (-0,68) y Prod MV/ha (-0,51). La baja relación del % de hoja con el resto de las variables refuerza la alta correlación negativa entre % panoja y % tallo, ya que son los tres componentes de la planta considerados.

El análisis multivariado demuestra, que si bien la variable DMS tiene una elevada relación positiva con % panoja y negativa con % tallo, esto no es definitorio para los sorgos analizados. El fraccionamiento de la variable % panoja identifico un amplio rango de observaciones, de 15 a 40 %, que no explican la DMS, por lo que cobraría importancia el segundo componente de la planta en cuestión, el % tallo.

En el análisis de los ensilajes de sorgo por tipo de híbrido, correspondiente al muestreo regional, diferenció ($p < 0,05$) a la variable DMS (Tabla 3.12). Al considerarlos en el orden sudanense, silero, doble propósito y granífero, la diferencia estadística no se manifestó con el primer tipo consecutivo, pero si con el segundo y tercero. La tendencia fue en un incremento, respecto a sus medias, conforme aumento el nivel de grano. Este resultado es coincidente con De León y Giménez (2012) y Arias *et al.* (2008) y Bendersky *et al.* (2009), quienes destacan el nivel de grano como la variable más importante en la determinación de la calidad nutritiva.

La evaluación de la calidad de los ensilajes relevados por especie, maíz y sorgo, demostró coincidencia con lo mencionado por Depetris *et al.* (2010), respecto a que en general el ensilaje de maíz presenta mayor DMS que el de sorgo, pero esto no se puede aplicar a todos los casos. Como se observa en la Tabla 3.12, el de sorgo granífero no se diferenció ($p > 0,05$) del de maíz, y a su vez este grupo fue superior a los demás tipos de sorgo. Además, cuando se analiza la distribución de la variable (Tabla 3.15), con excepción del sorgo sudanense, todos los tipos presentaron ejemplares superiores a la media de los ensilajes de maíz. Esta observación puede apreciarse con claridad en la Figura 3.3.

Respecto a la DMS y su relación con el estado de madurez del cultivo, al momento de picado, en ambas especies no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$). Esto no se corresponde con lo indicado por Torrecillas *et al.* (2011), quienes encontraron un incremento significativo ($p < 0,05$) en cada etapa evaluada conforme avanza el estado de madurez del cultivo. Igualmente al observar los datos (Tabla 3.13 y 3.14) puede apreciarse esta tendencia.

Debido a que el nivel proteico de los ensilajes no estuvo contemplado en los objetivos, al respecto solo se hará un breve comentario. En principio, se confirmó que estas especies, en el momento de picado y previo al proceso de ensilaje, contienen limitados contenidos proteicos para cubrir los requerimientos en categorías de recría e internada (Tabla 3.1). Este nivel, durante el proceso de ensilado, a lo sumo podría disminuir por lixiviación (Cattani *et al.*, 2008b; Adesogan and Neuman, 2010), pero obviamente no incrementarse al menos que se agregue algún ingrediente proteico al ser ensilado. En la evaluación de los ensilajes, los niveles proteicos presentaron niveles similares, siendo coincidente con lo reportado por los autores Rodríguez *et al.* (2009a), Freddi *et al.* (2007) y De León (2004), en que ensilajes de estas especies presentan limitados contenidos proteicos.

Respecto al comportamiento de la PB, en cuanto a las demás variables, sólo se encontró correlación, negativa, con altura y % de tallo de la planta (-0,61 y -0,56, respectivamente, Tabla 3.2). Luego el análisis multivariado, como se observa en la Figura 3.1, confirma la correlación negativa con altura y % tallo, y suma una baja correlación negativa con Prod MS/ha y positiva con % panoja, a su vez se asocia a los rangos de panoja mayores.

Cuando se analizaron los ensilajes relevados en la provincia, los de maíz superaron significativamente ($p < 0,05$) a los de sorgo en el nivel proteico (Tabla 3.16 y 3.17), pero las amplitudes entre Min-Máx y Q1-Q3 fueron similares (Tabla 3.23). En ambos aspectos, este resultado no fue coincidente con lo mencionado por Undersander (2003), quien los caracteriza en forma general como similares y con mayor variabilidad para los de sorgo.

Sin embargo, al analizar PB por tipo de híbrido y especie se diferenciaron significativamente ($p < 0,05$, Tabla 3.20). Dentro de los ensilajes de sorgo, en coincidencia con De León y Giménez (2012) y White *et al.* (1988a), se diferenciaron y fueron superiores en la medida que se incrementó su contenido de grano, siendo los doble propósito y graníferos iguales a los de maíz ($p > 0,05$). Otro aspecto a remarcar es la menor dispersión de la PB de los sorgos graníferos respecto a los otros sorgos (White *et al.*, 1988a; Tabla 3.23).

El estado de madurez del cultivo no mostró diferencias significativas ($p > 0,05$) para la variable PB en ambas especies. Este resultado no fue coincidente por lo reportado por Torrecillas *et al.* (2011), quienes evaluaron que, tanto en la panoja como en el resto de la planta el porcentaje proteico disminuye significativamente ($p < 0,05$) conforme avanza el estado de madurez del grano. Esto estaría relacionado a la dilución de la proteína por el incremento de la fibra en la hoja y tallo, y almidón en el grano. De todas maneras, las variables involucradas en cada ensilaje, desde las características del cultivo a ser picado hasta el momento en que el ensilaje finaliza el proceso de ensilado, podrían afectar el nivel de PB final.

Performance animal obtenida con dietas que incluyen ensilajes confeccionados con híbridos de sorgos contrastantes en su nivel de grano

De la información generada en ambos ensayos surge que, con dietas en base a ensilaje de planta entera de sorgo (entre el 80 y 88 %, en base seca) y animales en etapa de terminación, es posible lograr una adecuada performance animal independientemente del tipo de sorgo utilizado (granífero, silero o sudanense). Para los animales, de ambos ensayos, se cumplieron con las expectativas en cuanto a lograr las condiciones para la venta en frigorífico al finalizar el experimento.

El sorgo sudanense ensilado demostró tener un potencial digestible, a través del performance animal, similar al del granífero y los forrajeros (Tabla 3.28 y 3.30). De los ensayos 1 y 2, con DMS de 62,1 y 55,6 %, se obtuvieron APVD de 1020 y 611 g/día, respectivamente. Thompson *et al.* (1978), logró similares APVD (1093 g/día), pero el cultivo fue cortado en estado vegetativo, y picado y ensilado cuando el nivel de humedad disminuyó al 70 %. En ese mismo ensayo, con un híbrido bicolor x sudanense ensilado en estado de grano pastoso, lograron un APVD de 776 g/día, el cual si bien fue inferior ($p < 0,05$) presentó un performance animal adecuado. Otros trabajos con ensilaje de sorgo sudanense, como el de Bolsen *et al.* (1980) y De León y Giménez (2008 y 2012), obtuvieron pobres APVD (entre 300 y 400 g/día), aunque Mónaco *et al.* (2013) lograron 570 g/día. Los resultados obtenidos en esta experiencia muestran que el ensilaje de sorgo sudan tiene calidad

nutritiva para ser utilizado en etapa de terminación. Sin embargo, experiencias como la de Kirch *et al.* (1987), por ejemplo, ponen un alerta sobre el uso generalizado. El avance genético, en aspectos como por ejemplo la incorporación del carácter BMR (Giorda y Cordés, 2008), permitirá avanzar y dar seguridad cualitativa sobre su utilización.

Los ensilajes de sorgo forrajero, como de granífero, presentaron un performance animal coincidente con muchos trabajos (Thompson *et al.*, 1978; Bolsen *et al.*, 1982; Smith *et al.*, 1984 y 1985; Kirch *et al.*, 1987; Dalke *et al.*, 1993; Depetris *et al.*, 2007b; De León y Giménez, 2012). Con una proporción de panoja en los cultivos de 35,6, 38,1 y 42,7 %, se lograron ensilajes con DMS de 62,3, 63,15 y 63,5 %, esto para los sorgos forrajeros del ensayo 1 y 2, y el granífero del ensayo 1, respectivamente. En ese mismo orden los APVD registrados fueron de 983, 701 y 990 g/día.

El CMSPV, con excepción del obtenido en Tsud del ensayo 2, fue superior a 2,4 % en ambos ensayos y para todos los tratamientos. Este valor, Hart (1987), lo menciona como límite para obtener adecuados APVD. Esto también fue coincidente con los resultados publicado por los demás autores citados.

Si bien los tratamientos, en cada ensayo, presentaron dietas equivalentes en PB, la proporción de ensilaje sólo fue equivalente en el ensayo 2 (Tabla 2.4). En este último, con un 21 y 38,1 % de panoja y 55,6 y 63,1 % DMS, no se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) para APVD (611 y 701 g/día) para ensilaje de sorgo sudanense y silero, respectivamente. El menor CMS y CMSPV ($p < 0,05$) de Tsud, para ese nivel de APVD, se reflejó en un mejor IC (12,07 versus 14,1). Dalke *et al.* (1993) obtuvieron, en 5 de los 6 tratamientos con ensilaje de sorgo (granífero y forrajero), igual APVD con una amplitud en la DMS de 6,6 % (72,9 y 66,4 %). Una posible respuesta sería el grado de aprovechamiento del grano. Smith *et al.* (1984) evaluó DMS y APVD a partir del efecto del procesado del grano en dos sorgos (granífero y forrajero). Mientras que la DMS no se diferenció, el APVD fue diferente ($p < 0,05$) para ambos tipos de sorgo. Esto también es mencionado por De León *et al.* (2004), quienes con dos ensilajes de igual ($p > 0,05$) DMS, obtuvieron APVD diferentes ($p < 0,05$), atribuyéndolo al grado de aprovechamiento del grano.

Otro factor sería el efecto negativo de la digestión de almidón sobre el de la fibra (Abdelhadi *et al.*, 2001). Si bien muchos autores han demostrado que a mayor nivel de grano en el cultivo mayor es la calidad del ensilaje, esto no se ve siempre reflejado en la performance animal, especialmente con altas proporciones de grano (Owen, 1967 y Cattani *et al.*, 2008b). Los recientes avances en el sistema partidor de grano, mencionados por INTA (2015), serán importantes de evaluar a través del performance animal.

La proporción de grano en el cultivo, sin duda que es la variable en discusión respecto a la definición de la calidad del ensilaje. Sin embargo, si bien esta especie presenta cualidades agronómicas favorables en regiones marginales (Giorda y Ortiz, 2012) esto no garantizaría un rendimiento estable de granos, a través de los años, ante la variabilidad en las condiciones ambientales, especialmente por stress hídrico (Colazo *et al.*, 2012). Esta aleatoriedad debería considerarse en la elección del tipo de sorgo a ensilar, ya que sudaneses como forrajeros de bajos contenidos de grano podrían presentar un mejor performance que los de alto contenido de grano bajo condiciones ambientales adversas.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

El relevamiento regional demuestra que el ensilaje de planta entera es una alternativa considerada para las dietas de cualquier categoría, especialmente en recría e invernada.

Aspectos como la elección de especie y tipo de híbrido, momento de picado, realización de análisis de calidad nutritiva y balance de dietas, específicamente, deberían profundizarse a través de los programas de extensión de instituciones públicas y privadas, esto con el propósito de corregir aspectos asociados principalmente a la gestión.

La escasa información disponible en el país, en cuanto a performance animal en etapa de terminación con dietas en base a ensilaje, crea la necesidad de seguir investigando en este tema. Esta experiencia demuestra que la información generada en el laboratorio, en cuanto a la calidad nutritiva, no se reflejaría directamente con el performance animal.

Dietas constituidas en hasta un 80 % de materia seca por ensilaje de sorgo, independientemente del tipo de híbrido, permiten una performance animal adecuada para novillos en terminación.

El sorgo sudanense demuestra tener un potencial en DMS similar al de los tipos graníferos y forrajeros, independientemente de que se los compare previo al picado, después de ensilado o a través del performance animal.

El resultado obtenido en los ensayos, más la importante proporción de ensilajes a nivel regional confeccionados con sorgo sudanense, sería un importante motivo para continuar evaluando esta genética. Especialmente en identificar, dentro de la gran amplitud relevada en los ensayos comparativos, los materiales que demuestren mejor comportamiento. Finalizando la evaluación de los más promisorios a través del performance animal.

BIBLIOGRAFÍA

- Abdelhadi L.O., Santini F.J. y Gagliostro G.A. 2001. Suplementación con silajes de planta entera a bovinos en pastoreo. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 21: 147-158.
- Abdelhadi L.O. and Santini F.J. 2006. Corn silage versus grain sorghum silage as a supplement to growing steers grazing high quality pastures: Effects on performance and ruminal fermentation. *Anim. Feed Sci. Technol.* 127: 33-43.
- Ackerson R.C. and Krieg D.R. 1977. Stomatal and nonstomatal regulation of water use in cotton, corn and sorghum. *Plant Physiol* 60: 850-853.
- Adesogan A.T. and Newman Y.C. 2010. Silage harvesting, storing and feeding. University of Florida. Publicado en internet, disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/ag180>. Activo julio 2015.
- Aguirre Saravia P. 2013. El rol del contratista en los forrajes conservados de Argentina. En: 4° Jornada Nacional de Forrajes Conservados. EEA INTA Manfredi. Pp. 129-135.
- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of analytical chemists. 15th Edition 3er supplement. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia, USA, 70 pp.
- Arias S., Di Marco O.N., Aello M.S., Freddi A.J. and Piazza A.M. 2008. Crop Production, Plant Fractions and *In situ* Degradability of Silages from Different Sorghum Hybrids. *Journal Anim. Vet. Adv.* 7 (11) pp. 1387-1393.
- Ball, D. M. 2001. Summer Annual Grasses as Forage Crops in Alabama. Cooperative Extension System, Alabama, USA, 4 pp.
- Baudino J.L. 2013. Sorgo: cómo lograr reservas de calidad y utilizar este recurso ventajosamente. En: Manual de forrajes conservados, Mercoláctea, pp. 19-21.
- Bean B. 2007. Producing quality forage sorghum silage. Tenth Annual Conservation Systems Cotton & Rice Conference Proceedings Book. Pp. 48-49.
- Becker R.B. and Gallup W.D. 1927. Utilization of the grain in Kafir and Cane silage by dairy Cows. *J. Arg. Research*, 35:279-282.
- Bendersky D., Barbera P., Borrajo C., Maidana C. y Ramírez R. 2009. Cultivares de sorgo con destino a silaje de planta entera en Mercedes (Corrientes). 32° Congreso Argentino de Producción Animal, Malargüe, Mendoza, Argentina, pp. 510-511.
- Blum A. 2004. Sorghum Physiology. In: *Physiology and Biotechnology Integration for Plant Breeding*. Nguyen H.T. and Blum A. New York, U.S.A., pp. 141-223.
- Bolsen K., Ilg H., Axe D. and Thompson W. 1980. Summer annual silages and hay growing steers. Report of Kansas Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, pp. 40-42.
- Bolsen K., Ilg H., Nuwanyakpa M. and Posler G. 1982. Forage sorghum silage and summer annual silage an hays for growing steers and heifers. Report of Kansas Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, pp. 26-28.
- Bragachini M. y Peiretti J. 2008. Mercado de maquinaria de forrajes conservado. En: Bragachini M., Cattani P., Gallardo M. y Peiretti J. (autores). 2008.

- Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. INTA – PRECOP II. Manual técnico N° 6. Pp. 15-24.
- Bragachini M. 2012. Intensificar mejorando la eficiencia de cosecha. En: Manual de forrajes conservados. Mercoláctea 2012. Pp. 41-44.
- Buxton D.R. and Redfearn D.D. 1997. Plant limitations to fiber digestion and utilization. Conference: New Developments in Forage Science Contributing to Enhanced Fiber Utilization by Ruminants. Journal of Nutrition, 127: 814S–818S.
- CACF. 2015. Cámara Argentina de Contratistas Forrajeros. Publicado en internet, disponible en <http://www.ensiladores.com.ar/>. Activo marzo de 2015.
- Cattani P., Bragachini M. y Peiretti J. 2008a. Forrajes conservados de alta calidad. En: Bragachini M., Cattani P., Gallardo M. y Peiretti J (autores). 2008. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. INTA – PRECOP II. Manual técnico N° 6. pp. 25-30.
- Cattani P., Bragachini M. y Peiretti J. 2008b. Silaje. En: Bragachini M., Cattani P., Gallardo M. y Peiretti J (autores). 2008. Forrajes conservados de alta calidad y aspectos relacionados al manejo nutricional. INTA – PRECOP II. Manual técnico N° 6. pp. 135-175.
- Cisint J.C., Martín G.O. y Medina C.F. 2014. Rendimiento de forrajero y calidad nutricional de silaje de panojas (earlage) de sorgo. Rev. agron. noroeste argent. 34 (2) pp. 136-138.
- 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.
- Dalke B.S., Sonon R.N., Gramlich S.M. and Bolsen K.K. 1993. Whole plant corn, forage sorghum and grain sorghum silages for growing cattle. Kansas State University Cattlemen’s Day 93, 678:16-18.
- Dahlberg J., Berenji J., Sikora V. and Latkovic D. 2011. "Assessing sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] germplasm for new traits: food, fuels & unique uses." Maydica 56(1750). Pp. 85-92.
- De León M., Ustrarroz E., Simondi J.M. y Brunetti A. 2002. Evaluación de silajes de maíz y de sorgo azucarado en el gen nervadura marrón (BMR). 22° Congreso Argentino de Producción Animal, Argentina, pp. 19.
- De León M. 2004. Utilización de silaje en producción de carne bovina. EEA INTA Manfredi. Informe técnico N° 5. 18 pp.
- De León M., Giménez R.A. y Brunetti M.A. 2004. Consumo y ganancia de peso de novillos alimentados con dietas basadas en silajes de sorgos y maíz. 27° Congreso Argentino de Producción Animal, Tandil, Buenos Aires, Argentina, pp. 16-17.
- De León M. y Giménez R.A. 2007. Evaluación de cultivares de sorgo para la confección de silajes: rendimiento, calidad, consumo y ganancia de peso de novillos. Publicado en Internet, disponible en http://www.produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_reservas/reservas-silos/97-sorgo.pdf. Activo septiembre 2011.
- De León M. y Giménez R.A. 2008. Efecto del contenido de grano y la presencia del gen BMR en sorgos para silaje. 2. Consumo y ganancia de peso de novillos. 31° Congreso Argentino de Producción Animal, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, Vol. 28, pp. 70-72.

- De León M. y Giménez R. 2012. Efecto del tipo de sorgos para silajes sobre el valor nutritivo y la respuesta animal. 35° Congreso Argentino de Producción Animal, Córdoba, pp. 167.
- De León M. y Giménez R. 2013. Autoconsumo de silajes mediante la utilización de rejas. En: Manual de forrajes conservados, Mercoláctea 2013, pp.27-29.
- De Wet J.M.J. 1978. Systematics and evolution of Sorghum sect. Sorghum (Gramineae). American Journal of Botany 65 (4): 477-484.
- Depetris G.J., Montiel M.D., Santini F.J., Chicatún A. y Villarreal E.I. 2007a. Evaluación del tamaño de picado de dos híbridos de sorgo nervadura marrón utilizados como silaje de planta entera en el comportamiento productivo de animales engordados a corral. 30° Congreso Argentino de Producción Animal, Santiago del Estero, pp. 41-42
- Depetris G.J., Cabana A., Santini F.J. y Villarreal E.L. 2007b. Utilización del silaje de planta entera de maíz y sorgo en engorde a corral de terneras bolita. 30° Congreso Argentino de Producción Animal, Santiago del Estero, pp. 39-40.
- Depetris G.J. 2010. Aspectos nutricionales de la utilización de sorgo en la alimentación animal. Silaje de planta entera. En: Pasinato A., Santini F. y Geraci J. 2010. Jornadas proyecto nacional de nutrición animal. Programa nacional carnes y proyecto integrado nutrición. INTA. Pp. 39-46.
- Di Marco O.N., Ilarregui I., Aello M.S. Arias S. y Gutierrez L.M. 2007. Calidad nutritiva de silajes de sorgo silero normal y nervadura marrón. Revista Argentina de Producción Animal. Vol. 27: 10 pp.
- Di Marco O.N., Ressia M.A., Arias S., Aello M.S. and Arzadún J.M. 2009. Digestibility of forage silages from grain, sweet and bmr sorghum types: Comparison of in vivo, in situ and in vitro data. Anim. Feed Sci. Technol. 153. 161-168.
- Di Rienzo J.A., Casanoves F., Balzarini M.G., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. (2008). InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Elizalde J. y Riffel S. 2011. El futuro de la ganadería argentina y sus desafíos: Alimentación y sistemas de producción. En: 2° Jornada Nacional de Forrajes Conservados. EEA INTA Manfredi. 19-25.
- Fitch J.B. and Wolberg F.B. 1934. The Utilization of Atlas and Kansas Orange Sorgho Seed By Dairy Cows. J. Dairy Sci., 17:343.
- Flores A.J., López Valiente S., Bendersky D. y Benítez J.M. 2010. Efectos del genotipo de sorgos y maíces sobre la ganancia de peso de novillitos. 33° Congreso Argentino de Producción Animal, Carmen de Patagones, Río Negro, pp. 507-508.
- Freddi A.J., Arias S., Arzadún J.M. y Piazza A.M. 2007. Efecto de la adición de proteína y/o energía sobre la DMS in vivo y consumo del silaje de sorgo. 30° Congreso Argentino de Producción Animal, Santiago del Estero, Argentina, pp. 19-20.
- Funaro D. y Juan N. 2008. Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo para silaje en la campaña 2007-08, Informe Interno, EEA Anguil "Guillermo Covas", INTA.
- Funaro D. y Juan N. 2009. Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo para silaje en la campaña 2008-09, Informe Interno, EEA Anguil "Guillermo Covas" Anguil, INTA.

- Funaro D. y Juan N. 2010. Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo para silaje en la campaña 2009-10, Informe Interno, EEA Anguil “Guillermo Covas” Anguil, INTA.
- Funaro D. y Juan N. 2011. Rendimiento y calidad de híbridos de sorgo para silaje en la campaña 2010-11, Informe Interno, EEA Anguil “Guillermo Covas” Anguil, INTA.
- Garcilazo M.G., Kugler N.M., Neira Zilli F. y Angelicchio C.P. 2012. Alimentación a corral con silaje de sorgo o grano de maíz en la recría y su efecto sobre la terminación en pastoreo de alfalfa. 35° Congreso Argentino de Producción Animal, Córdoba, pp. 192.
- 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.
- Goering H.K. and Van Soest P.J. 1970. Forage fiber analysis. *Agricultural Handbook No 379*. USDA, Washington DC, USA.
- Giorda L.M., Feresin O. y Domanski C. 1997. Condiciones ambientales. En: *Sorgo granífero. Cuaderno de actualización N° 7. “EEA Manfredi”, INTA*. Pp. 17-19.
- Giorda L.M. y Cordes G.G. 2008. Sorgo un cultivo que se impone. Jornada “A todo sorgo en el Sur”, Chacra experimental Coronel Suarez, 9pp.
- Giorda L.M. y Ortiz D. 2012. Sorgo para la sustentabilidad y producción animal del NEA. Estrategias para una mayor productividad. 1° Jornada de Silaje del NEA. EEA INTA Colorado, Formosa. 18 pp.
- Giordano J.M., Peiretti J. y Sánchez F. 2013. Hacia la tecnificación del heno de alta calidad. En: 4° Jornada Nacional de Forrajes Conservados. EEA INTA Manfredi. Pp. 93-110.
- Hall, M. H. 2008. Summer Annual Grasses for Supplemental or Emergency Forage. Penn State Extension, Pennsylvania and U.S. Department of Agriculture, 4 pp.
- Hart S.P. 1987. Associative effects of sorghum silage and sorghum grain diets. *J. Anim.Sci.* 64: 1779-1789.
- INASE. Publicado en internet, disponible en http://www.inase.gov.ar/index.php?option=com_content&view=article&id=89&Itemid=152. Activo abril 1016.
- Hittle C.N., McKibben G.E., Browning D.R., Klindworth E. and Watkins P.W. 1960. Grain and Forage Sorghums. University of Illinois Agricultural Experiment Station. Bulletin 673: 13 pp.
- INTA, Provincia de La Pampa y UNLPam. 1980. Inventario integrado de los recursos naturales de la provincia de La Pampa. 493 pp.
- INTA PROPEFO. 1994. Tecnología para producir forrajes conservados de alta calidad. Tomo 1. INTA, Buenos Aires. 174 pp.
- INTA. 2015. Tecnologías de picado para ensilado de cultivo de maíz. Actualización técnica N° 87, INTA, Manfredi, 16 pp.
- Jordan W.R. and Sullivan C.Y. 1981. Reaction and Resistance of Grain Sorghum to Heat and Drought. In: *Sorghum in the eighties. International Symposium on Sorghum. India. Vol. 1: 131-142.*
- Jouli R., Juan N. y Pordomingo A.B. 2009. “Concurso Calidad de Silaje de Sorgo y Maíz”, Informe Interno, EEA Anguil “Guillermo Covas” Anguil, INTA.

- Jouli R., Juan N. y Pordomingo A.B. 2010. "Concurso Calidad de Silaje de Sorgo y Maíz", Informe Interno, EEA Anguil "Guillermo Covas" Anguil, INTA.
- Juan N. 1998. El silaje y su impacto en la producción de carne. Informe interno, EEA Anguil "Guillermo Covas" Anguil, INTA.
- Juan N. y Jouli R. 2001. Silaje de sorgo granífero y verdeo de avena para invernada a campo. EEA INTA Anguil. Boletín de divulgación técnica N° 71: 82-84.
- Juan N.A., Funaro D., Pordomingo A. y Sardiña M.C. 2007. Producción y valor nutritivo de sorgos graníferos y sileros de planta entera. EEA INTA Anguil. Boletín de divulgación técnica N° 100: 52-53.
- Kent F., Manglus L., Juan N. y Pordomingo A.B. 2012. "Concurso Calidad de Silaje de Sorgo y Maíz", Informe Interno, EEA Anguil "Guillermo Covas" Anguil, INTA.
- Kent F., Manglus L., Juan N. y Pordomingo A.B. 2013. "Concurso Calidad de Silaje de Sorgo y Maíz", Informe Interno, EEA Anguil "Guillermo Covas" Anguil, INTA.
- Kjeldahl, J. 1883. A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds, *Z. Analytical Chemistry*, 22: 366-382.
- Kirch B., Hamma S., Bolsen K., Ilg H. and Hoover J. 1987. Whole-plant forage and grain sorghum silages for growing cattle. Report of Kansas Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, pp. 167-171.
- Knowles T.C. and Ottman M.J. 1997. Sudangrass Hay Production in the Irrigated Deserts of Arizona and California. Cooperative Extension, The University of Arizona, College of Agriculture, Tuscon, Arizona 85721: 6 pp.
- Kimber C.T., Dahlberg J.A. and Kresovich S. 2013. The genepool of Sorghum bicolor and its improvement. In: *Genetics and Genomics of the Saccharinae*, edited by Paterson A.H., Heidelberg: Springer pp. 23-42.
- Lagrange S. 2008. Sorgo granífero diferido. Una estrategia de alimentación invernal en vacas de cría. EEA INTA Bordenave, Boletín Técnico N° 16, 11pp.
- Marinissen J. y Melín A. 2009. Tipos de sorgo y valor nutritivo. Capítulo II. Calidad de silajes de sorgo. En: *Sorgo en el Sur. Calidad Nutricional. Chacra Experimental Integrada Barrow y Chacra Experimental Coronel Suárez – Paskan*, INTA. Pp. 13.
- Mel G., Bartolome J., McDougald N., Connor M., Vaughn C.H. and Markegard G. 2001. Annual range forage production. ANR Publ. 8018, Div. of Agric. and Nat. Res., Univ. of Calif., Oakland, Calif. 9 pp.
- 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 – Paskan*, INTA. Pp. 14-17.
- Mickan F.J. and Piltz J.W. 2004. Harvesting silage: In *Successful silage*, Chapter N° 8, Dairy Australia and New South Wales Department of Primary Industries, pp. 198-215.
- Mónaco I.P., Rossner M.V., Aguilar N.M.A. y Enriquez J.E. 2013. Alternativas de utilización de sorgo forrajero para alimentar bovinos en el NEA. 36° Congreso Argentino de Producción Animal, Corrientes, pp. 180.

- 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.
- Nevens W.B. and Kendall K.A. 1954. Sorghum and soybeans as silaje crops for milk production. University of Illinois Agricultural Experiment Station. Bulletin 578: 64 pp.
- Newman J.A., Bergelson J. and Grafen A. 1997. Blocking factors and hypothesis tests in ecology: is your statistics text wrong? *Ecology* 78: 1312-1320.
- Newman Y., Erickson J., Vermerris W. and Wright D. 2013. Forage Sorghum (*Sorghum bicolor*): Overview and Management. University of Florida. Publicado en internet, disponible en <http://edis.ifas.ufl.edu/ag343>. Activo noviembre 2014.
- NRC. 1984. National Research Council. Nutrient Requirements of Beef Cattle. Sixth revised edition. National Academy Press, Washington, D.C. 234 pp.
- Otero G., Geraci J.I., Vittone J.S., Monje A.R. y Galli I.O. 2008. Efecto de la sustitución de grano de maíz por grano de sorgo como fuente de energía en raciones concentradas para terneros recriados en piquetes. 31° Congreso Argentino de Producción Animal, Potrero de los Funes, San Luis, Argentina, Vol. 28, pp. 69-70.
- Owen F.G. 1967. Factors affecting nutritive value of corn and sorghum silage. *J. Dairy Sci.* 50:404-416.
- Pérez G., Silvestre R., Albanesi R., Arias S. y Freddi J. 2007. Rendimiento, composición morfológica y composición química del silaje de distintos híbridos de sorgo. 30° Congreso Argentino de Producción Animal, Santiago del Estero, Argentina, pp. 20-21.
- Piazza A.M., Freddi A.J., Arias S., Arzadún M.J. e Ibarra C. 2007. Efecto de la inclusión de silaje de sorgo en sistemas de invernada sobre verdes de invierno. 30° Congreso Argentino de Producción Animal, Santiago del Estero, Argentina, Vol. 27, pp. 17-18.
- Pordomingo A.J., Jouli R., Kent F. y Felice G. 2012. Sustitución de silaje por grano de maíz en un engorde a corral. *Rev. Prod. Anim. Arg.* Vol 32: 156.
- Pordomingo A.J. 2013a. Feedlot: Alimentación, diseño y manejo. EEA INTA Anguil. Publicación técnica N° 95, 170 pp.
- Pordomingo A.J. 2013b. La ganadería bovina. En: 4° Jornada Nacional de Forrajes Conservados. EEA INTA Manfredi. Pp. 21-24.
- Rearte D. 2003. El futuro de la ganadería argentina. Publicado en Internet, disponible en <http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/bovinos/carne/rearte.htm>. Activo septiembre 2011.
- Ressia A., Arias S., Di Marco O.N., Arzadún M. y Aello M.S. 2006. Digestibilidad in vivo de silajes de sorgo: comparación entre híbridos de nervadura marrón, azucarado y granífero. 29° Congreso Argentino de Producción Animal, Mar del Plata, Buenos Aires, Argentina, Vol. 26-Supl. Pp. 94-95.
- Rodríguez A., De Loof E., Palermo P. y Torrecillas M.G. 2009a. Suplementación proteica sobre autoconsumo de silaje de sorgo, en novillitos y toritos de recría. Comunicación. 32° Congreso Argentino de Producción Animal, Malargüe, Mendoza, Argentina, Vol. 29, pp. 193-194.
- Rodríguez J.I., Borlandelli M.S. y Bertoia L.M. 2009b. 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.
- Rohweder D.A., R.F. Barnes, and N. Jorgensen. 1978. Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *J. Anim. Sci.* 47:747-759.
- Romero L.A., Comerón E.A., Bruno O.A., Gagliotti M.C. y Quiano O.R. 2004. El silaje de sorgo granífero en la alimentación de vacas lecheras. Proyecto regional de lechería. Campaña forrajes conservados 2003-2004. INTA Rafaela. Publicado en internet, disponible en <http://rafaela.inta.gov.ar/info/documentos/cfc/doc8.pdf>. Activo marzo 2015.
- Salado E.E., Secanell E., Nigro H. y Gamarra M. 2007. Reemplazo de silaje de sorgo por grano de maíz en la dieta de terneros cruza cebú engordados a corral. Comportamiento productivo. 30° Congreso Argentino de Producción Animal, Santiago del Estero, Argentina, pp. 102-103.
- Santini F.J., Villarreal E.L., Pavan E. y Grigera J.M. 2003. Características productivas de novillos de diferente tamaño estructural engordados a corral con dietas de diferente concentración energética. 26° Congreso Argentino de Producción Animal, pp. 48.
- Smith R., Bolsen K., Ilg H., Hinds M., Pope R. and Dickerson J. 1984. Effect of sorghum type and harvest date on silage feeding value. *Kansas Agric. Exp. Sta. Rep. Prog.*, 448: 53-57.
- Smith R.L., Bolsen K., Hoover J. and Dickerson J.T. 1985. Whole-plant forage grain or non-heading sorghum silages for growing cattle. *Kansas Agric. Exp. Sta. Rep. Prog.*, 470: 71-76.
- Schake L.M., Ellis W.C., Suarez W.A. and Riggs J.K. 1982. Preservation of sorghum plant portions harvested, processed and ensiled at ten stages maturity. *Anim. Feed Sci. and Technol.*, 7:257-269.
- Snowden J.D. 1936. *The Cultivated Races of Sorghum*, Adlard & Son Ltd., London, pp. 274. En: Zhan Q.W., Zhang T.Z., Wang B.H. and Li J.Q. 2008. Diversity comparison and phylogenetic relationships of *S. Bicolor* and *S. sudanense* as revealed by SSR markes. *Elsevier, Plant science* 174: 9-16.
- Spada M.C. y Mombelli J.C. 2007. Estudios de la relación entre el contenido de lignina y digestibilidad en sorgos de nervadura marrón. 30° Congreso Argentino de Producción Animal, Santiago del Estero, Argentina.
- 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.
- Thompson W., Oltjen J., Bolsen K., Ilg H. and Riley J. 1978. Sudangrass, Sorghum-sudan, Forage Sorghum, and Corn Silage and Three Protein Levels for Growing Yearling Steers. Report of Kansas Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, pp. 60-64.
- Toll Vera J.R., Martín G.O.(h), Fernández, M.M., Nicosia, M.G., Cisint, J.C. 2007. Engorde de novillos con silaje de sorgo granífero picado fino. V° Reunión de Producción Vegetal y III° de Producción Animal del NOA, 26 de Abril, Tucumán, Argentina, Vol. I: pp. 249-252.
- 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.
- Undersander D. 2003. Sorghum, Sudangrasses, and Sorghum – Sudan Hybrids. Focus on Forage, University of Wisconsin – Extension, USA, 2 pp.
- Uzun F., Ugur S. and Sulak M. 2009. Yield, Nutritional and Chemical Properties of Some Sorghum x Sudan Grass Hybrids (*Sorghum bicolor* (L.) Moench x *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf). J. Anim. Vet. Adv. 8: 1602-1008.
- Van Soest. 1965. Symposium on factors influencing the voluntary intake of herbage by ruminants: voluntary intake in relation to chemical composition and digestibility. J. Anim. Sci. 24:834-843.
- White J., Bolsen K. and kirch B. 1988a. Relationship between agronomic and silage quality traits of forage sorghum cultivars. Report of Kansas Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, pp. 172-176.
- White J., Bolsen K., Kirch B. and Pfaff L. 1988b. Selecting forage sorghum cultivars for silage. Report of Kansas Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, Manhattan, pp. 177-182.
- Yosef E., Carmi A., Nikbachat M., Zenou A. Umiel N and Miron J. 2009. Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels, for summer and subsequent fall harvests, and digestibility by sheep of their silages. Animal Feed Science and Technology. 152: 11 pp.
- Zhan Q.W., Zhang T.Z., Wang B.H. and Li J.Q. 2008. Diversity comparison and phylogenetic relationships of *S. Bicolor* and *S. sudanense* as revealed by SSR markers. Elsevier, Plant science 174: 9-16.