



Cultivo de sorgo var. PR84F en el CIAM antes de iniciar la cosecha (estado grano lechoso-pastoso, 25/09/2017)

El sorgo como alternativa forrajera al cultivo del maíz

En el siguiente artículo repasamos la información existente sobre el sorgo, referida fundamentalmente a los trabajos realizados en el CIAM, desde el punto de vista de la productividad y del valor nutricional de este cultivo.

S. Pereira-Crespo¹, N. Díaz¹, J. Piñeiro¹, D. Plata-Reyes^{1,2}, A. Gómez-Miranda^{1,2}, F. González-Alcántara^{1,2}, A. Botana¹, M. Veiga¹, J. Valladares¹, L. González¹, C. Resch¹, G. Flores-Calvete¹

¹Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM)

²Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México

INTRODUCCIÓN

El desarrollo del sector productor de vacuno lechero en Galicia ha ido unido al incremento de la importancia de la utilización de forrajes ensilados en la alimentación del ganado, acentuada en los últimos años paralelamente a una rápida concentración de la producción en un número cada vez más reducido de explotaciones. Comparando la información obtenida en encuestas realizadas en el CIAM a una amplia muestra de explotaciones lecheras gallegas en los años 1996 y 2013 (Flores *et al.*, 2003; Flores *et al.*, 2017) se observa que, en dicho periodo, el número de granjas se dividió por cuatro, mientras la producción por explotación se multiplicaba por seis y la producción total de leche aumentaba en casi un 70 %,

consolidando a Galicia como la principal región productora de leche de vaca de España.

En este fuerte proceso de ajuste, las explotaciones lecheras gallegas que permanecieron en el sector no fueron capaces de acomodar su incremento productivo con el de la base territorial forrajera, lo que motivó un aumento de la carga ganadera y de la dependencia del suministro de concentrados y materias primas alimentarias procedentes de fuera de las explotaciones. En paralelo se produjo una mayor intensificación forrajera de la SAU disponible centrada en un incremento del cultivo del maíz forrajero (*Zea mays* L.), el predominio de los ensilados sobre el consumo de forrajes frescos y una disminución del uso de hierba de pradera, lo cual se puso de manifiesto sobre todo en las explotaciones de mayor dimensión.

Según el Anuario de Estadística del Mapama (2017), en las explotaciones lecheras gallegas se sembraría actualmente el 64 % de la superficie total de España (106.000 ha) del cultivo del maíz forrajero. Una estimación de la importancia del uso de ensilado de maíz en las raciones de las vacas de leche de la denominada “España húmeda” la podemos encontrar en el informe *Encuesta sobre estructura y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia, Cornisa Cantábrica y Navarra*, fruto de un trabajo colaborativo entre los centros públicos de investigación dependientes de las comunidades autónomas de Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco y Navarra (Flores *et al.*, 2017). En él se indica que, de las aproximadamente 3,8 M toneladas de leche total producida en la zona norte, aproximadamente 2,5 M toneladas (el 65 % del total) proceden de explotaciones que utilizan típicamente dietas basadas en ensilado de maíz como principal ingrediente forrajero, lo que representa el 65 % de la leche total, cifra que, en el caso de Galicia, ascendería al 71 % de la leche.

La alta productividad, el elevado valor energético y la facilidad para ensilar correctamente son razones que explican la importancia creciente del cultivo de maíz forrajero en las explotaciones lecheras, siendo utilizado la mayoría de las veces en rotaciones intensivas de dos cultivos por año con raigrás italiano como cultivo de invierno. No obstante, este sistema no está exento de riesgos y dificultades derivadas del cultivo en suelos inadecuados para el maíz por su excesiva pendiente y/o poca profundidad y, sobre todo, por razones climáticas, en las que la realización de siembras tardías y la incidencia de la sequía estival, especialmente severa en zonas del interior, en terrenos con escasa capacidad de retención de agua, limita la productividad del maíz forrajero.

Por estas razones en los últimos años se incrementó el interés acerca del comportamiento de otros cultivos de verano alternativos al maíz, como es el caso del sorgo cultivado para forraje.

CONSIDERACIONES SOBRE EL CULTIVO DEL SORGO

El sorgo [nombre científico: *Sorghum bicolor* (L.) Moench] es nativo de áreas tropicales de África. Los registros más antiguos de su cultivo datan del año 3000 a.C. en Egipto. Encuadrado en la familia de las Poáceas (gramíneas), figura entre los cinco cultivos más importantes del mundo, conjuntamente con el trigo, la avena, el maíz y la cebada. La especie es monoica (tiene los órganos florales masculinos y femeninos en la misma planta), como es el caso del maíz, pero, a diferencia de este, la inflorescencia es hermafrodita, en forma de panícula en la parte superior de la planta. El peso de mil semillas del sorgo oscila aproximadamente entre 25 y 35 g, y tiene un tamaño unas diez veces inferior a la del grano de maíz. Originalmente es una planta de porte alto, si bien las variedades mejoradas para grano son de talle bajo para facilitar la recolección. La planta ha sido adaptada, a través de la mejora genética, a una gran diversidad de am-

bientes y aprovechamientos como es el consumo en verde, mediante ensilado o para la producción de grano, dirigida en este caso tanto a la alimentación humana como a la animal.

El sorgo, al igual que el maíz, es una planta C4, de mayor eficiencia fotosintética en ambientes cálidos, comparada con la de las plantas C3, más adaptadas a los climas templados. Las necesidades térmicas del sorgo son más exigentes que para el maíz. Su siembra se debe hacer cuando la media de las temperaturas del suelo (a 10 cm) tomadas durante cinco días alcance los 14 °C. La emergencia de las plántulas en estas circunstancias acontecerá entre 3 y 5 días. Las siembras con bajas temperaturas provocan un nacimiento desigual y una baja densidad de plantas. El desarrollo de la planta se activa a partir de los 18 °C y su óptimo de crecimiento es de aproximadamente 30 °C. Adicionalmente, se adapta a un amplio rango de suelos (pH 5,5-8,5), combinando la tolerancia al estrés hídrico con una mayor resistencia a la salinidad.

► EN LOS ÚLTIMOS AÑOS SE INCREMENTÓ EL INTERÉS ACERCA DEL COMPORTAMIENTO DE OTROS CULTIVOS DE VERANO ALTERNATIVOS AL MAÍZ, COMO ES EL CASO DEL SORGO CULTIVADO PARA FORRAJE

El sorgo presenta unas menores exigencias hídricas, con una alta eficiencia en el uso del agua, requiriendo un 30-40 % menos comparado con el maíz por unidad de materia seca acumulada. No obstante, la planta responde bien al riego, citándose en la bibliografía incrementos de 250 a 500 kg de materia seca (MS) por hectárea por cada 10 mm de agua hasta los 200-250 mm en total, si bien la respuesta es sumamente variable dependiendo de la climatología particular de cada año. ►



T4.75 S ENCILLAMENTE IN SUPERABLE

LA MEJOR SOLUCION PARA TU EXPLOTACION

29.900€ + IVA

www.newholland.com

- Motor Common Rail de 75CV
- Inversor bajo el volante
- TDF 540/540E conexión servoasistida
- Velocidad máxima 40 km/h
- Sistema hidráulico doble bomba
- Elevador con Lift-O-matic y dos distribuidores hidráulicos
- Cabina plana con aire acondicionado

Consulte a concesionarios oficiales de la red New Holland. Validez hasta el 31/12/2018.

SERVICE 00800 64 111 111*
ASISTENCIA E INFORMACIÓN 24/7.
*La llamada es gratuita desde teléfono fijo. Antes de llamar con su teléfono móvil, consulte tarifas con su operador

NEW HOLLAND AGRICULTURE

BTS
Averva Lubricantes

► LA SIEMBRA DEL SORGO SE DEBE HACER CUANDO LA MEDIA DE LAS TEMPERATURAS DEL SUELO (A 10 CM) TOMADAS DURANTE CINCO DÍAS ALCANCE LOS 14 °C



Cultivos de sorgo y maíz en el CIAM antes de iniciar la cosecha (25/09/2017)

Esta tolerancia a la falta de humedad se atribuye a una serie de características morfológicas y fisiológicas. Las principales características que le confieren al sorgo una mayor resistencia a la sequía son (Borreani y Tabacco, 2014):

- sistema radical profundo y extenso, que permite explorar una mayor profundidad de los horizontes del suelo,
- hojas fuertemente cutinizadas, cubiertas de una sustancia cerosa (pruína) y con bajo número de estomas pequeños y hundidos en la lámina foliar,
- consumo unitario de agua reducido (200 L/kg MS vs. 450-700 L/kg MS del maíz),
- protoplasma capaz de soportar altas temperaturas y elevada deshidratación sin daños irreversibles,
- capacidad de entrar en parada vegetativa en el caso de estrés hídrico elevado al ralentizar los procesos vitales y recuperarlos en el momento en el que las condiciones hídricas sean más favorables (en el maíz un estrés hídrico elevado es irreparable para la planta y deja de crecer).

Importancia del cultivo de sorgo en España

La importancia del cultivo del sorgo en España es reducida. Según los datos del Anuario de Estadística Agraria del Mapama (2017), se cultivaban 8,3 mil ha para grano (68 % en regadío) con un rendimiento medio de grano de 5,4 t/ha en regadío y de 2,3 t/ha en secanos. La superficie cultivada para forraje era aproximadamente la mitad, con 4,0 mil ha (42 % en regadío), con rendimientos medios de forraje (materia fresca) de 41 t/ha en regadío y 12 t/ha en secano. Aproximadamente un 74 % de la producción se aprovechaba para ensilado, un 22 % en verde, un 2 % como heno y una proporción equivalente se desecaba. En Galicia este cultivo es prácticamente desconocido y no figura en las estadísticas oficiales de cultivos para esta comunidad.

Tipos de sorgos

Botánicamente, dentro del género *Sorghum* figuran como especies el *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sinónimo *Sorghum vulgare Pers.*) y el pasto del Sudán *Sorghum × drummondii* (Steud.) Millsp. & Chas (sinónimo *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf o *Sorghum bicolor* (L.) Moench ssp. *drummondii* (Steud.) de Wet).

En relación a su aprovechamiento se pueden definir tres tipos principales de sorgos: a) los cultivados para grano, aprovechados para piensos animales o para confección de productos industriales para consumo humano, con la particularidad de que su almidón no tiene gluten; b) los cultivados para ensilado, que incluye variedades de doble propósito (grano-forraje), con mayor o menor porcentaje de grano o de tipo *bmr* (plantas con el gen *brown mid-rib*), y c) el pasto del Sudán, de tipo forrajero, de hojas y tallos finos, alta relación hoja/tallo, que pueden ser aprovechados en pastoreo, corte para verde, heno y ensilado. Para estos mismos propósitos se pueden usar las variedades de un cuarto grupo, constituido por los híbridos de sorgo y pasto del Sudán, de características intermedias entre ambos, si bien el secado al sol, cuando se corta para heno, se hace más dificultoso al tener las hojas más anchas y los tallos más gruesos que el pasto del Sudán. Los tipos *bmr* presentan la nervadura central de hoja de color marrón y se desarrollaron específicamente para forraje, presentando tallos y hojas menos lignificados y una mayor digestibilidad de la fibra. No obstante, las variedades *bmr* a veces son menos resistentes a plagas y a enfermedades y con frecuencia presentan un mayor grado de encamado y menor rendimiento que las variedades estándar, lo cual limita la adopción de variedades *bmr* por los agricultores.

Preparación del terreno y siembra del sorgo

Debido al pequeño tamaño de la semilla del sorgo, la preparación del terreno debe ser cuidadosa, con una cama superficial homogénea que asegure que la semilla entra en íntimo contacto con la tierra. La profundidad de siembra recomendada es de unos 4-5 cm y la densidad de siembra puede oscilar aproximadamente entre 170-180 mil plantas/ha para sorgos de grano (7-8 kg de semilla/ha), 200-230 mil plantas/ha para sorgos de ensilado (8-10 kg de semilla/ha) y hasta 600-700 mil plantas/ha para los forrajeros (18-20 kg de semilla/ha). El crecimiento inicial del sorgo es más lento que el del maíz debido a que la planta, una vez germinada, dirige preferentemente su desarrollo a establecer el sistema radicular frente a la parte vegetativa. A partir de los 15-20 cm de altura, con las raíces ya bien establecidas, la planta comienza a absorber nutrientes de forma rápida y crece vigorosamente.

Fertilización del cultivo del sorgo

La disponibilidad de nutrientes para el cultivo depende de distintos factores, como el tipo de suelo, el cultivo precedente en la rotación y las condiciones ambientales. La fertilización a aplicar se basará en el análisis del suelo y en el rendimiento esperado. En los aprovechamientos en un solo corte para ensilar y para suelos de riqueza media en fósforo y potasio y producciones de 5-6 t grano/ha o 8-10 t MS/ha de forraje estaría indicado aplicar unos 130-180 kg de N, 50-60 kg P₂O₅ y 100-150 kg de K₂O por hectárea. La totalidad del fósforo y potasa y la mitad del N se incorporarían antes de la siembra y la otra mitad del N cuando la planta de sorgo tenga 5-6 hojas. Cuando el aprovechamiento se hace en dos o más cortes, se recomienda fertilizar con 35-50 kg de N/ha después de cada corte para favorecer el rebrote, siempre y cuando haya disponibilidad de agua. ►►



Tabla 1. Composición del forraje de distintos tipos de sorgo en comparación con el ensilado de maíz

Tipo de sorgo Aprovechamiento	MS (%)	DMO (%)	PB (% MS)	EE (% MS)	Ca (% MS)	P (% MS)	K (% MS)
Sorgo grano							
Ensilado	30	63	7,5	3,0	0,35	0,21	1,37
Sorgo forrajero							
Ensilado	27	61	6,2	2,6	0,34	0,17	1,12
Pasto del Sudán							
Fresco, vegetativo	18	73	16,8	3,9	0,43	0,41	2,14
Fresco, inicio de la floración	23	66	8,8	1,8	0,43	0,36	2,14
Heno	91	59	8,0	1,8	0,55	0,30	1,87
Ensilado	28	58	10,8	2,8	0,46	0,21	2,25
Maíz forrajero							
Ensilado	33	73	8,1	3,1	0,23	0,22	0,96

MS: materia seca; DMO: digestibilidad de la materia orgánica; PB: proteína bruta; EE: extracto etéreo; Ca: calcio, P: fósforo, K: potasio

Fuente: adaptado de Undersander (2001)

Valor nutricional de los sorgos forrajeros

En condiciones normales de cultivo, con suelos de calidad media y ausencia de estrés hídrico, el rendimiento del sorgo es mucho menor del que tiene el maíz, solo superando la productividad de este en condiciones límite, por lo general de estrés hídrico y baja disponibilidad de nutrientes. En la tabla 1 se muestra la composición química y digestibilidad del forraje de distintos tipos de sorgo en comparación con el ensilado de maíz.

Desde un punto de vista nutricional para los rumiantes, en un estudio donde se comparó la composición nutricional de distintos tipos de sorgo en comparación con el ensilado de maíz, Undersander (2001) indica que el sorgo, en comparación con el maíz, es una planta menos energética, de un valor proteico semejante (bajo en ambos casos) y con un mayor contenido en calcio y fósforo (tabla 1).

Aunque todos los granos son importantes fuentes de energía para el ganado vacuno en la forma de almidón, existen diferencias en la composición

y en su tasa de liberación en el tracto digestivo del animal. El almidón de los cereales de invierno (p. ej., trigo y centeno) es de rápida exposición, solubilidad y fermentación en el rumen. El almidón del sorgo, al igual que el de maíz, es de fermentación ruminal más lenta que la de los cereales de invierno, lo cual es de interés desde un punto de vista nutricional para lograr una mayor eficiencia en el aprovechamiento de la energía y nitrógeno en el rumen y optimizar el crecimiento microbiano. La fracción de almidón que escapa a la fermentación ruminal es digerida en el intestino delgado, proporcionando una interesante fuente de glucosa para el animal.

Presencia de componentes antinutricionales en la planta de sorgo

Existen variedades de sorgos con alto contenido en taninos, lo cual es un inconveniente desde el punto de vista nutricional por la baja apetecibilidad del forraje para el ganado; en el mercado se pueden encontrar variedades seleccionadas con bajos taninos. Otro factor

► EL COSTE DE LA TONELADA DE FORRAJE DEPENDE MÁS DEL RENDIMIENTO QUE TENEMOS POR HECTÁREA QUE DEL COSTE DEL CULTIVO

antinutricional que está presente en la planta de sorgo es la durrina. Se trata de un glucósido productor de ácido cianhídrico (ácido prúxico), potencialmente muy peligroso para la salud de los animales. El riesgo depende del tipo de sorgo (muy bajo en el pasto del Sudán, potencialmente alto en el sorgo e intermedio en los híbridos de sorgo x pasto del Sudán), de la variedad dentro de cada tipo, del momento de aprovechamiento de la planta y de las condiciones ambientales. Las dificultades son mayores cuando la utilización es en verde y se aprovecha la capacidad de rebrote del sorgo. La durrina se acumula en plantas jóvenes, en los rebrotes tras un aprovechamiento y en plantas que detuvieron su desarrollo por condiciones adversas (seca, helada al final del ciclo). El peligro es mayor en los rebrotes nuevos de la base, por lo que se recomienda no consumir el forraje por debajo de los 45-60 cm de altura, o incluso más en condiciones de estrés hídrico y tras una fuerte fertilización nitrogenada. No se debe dejar el sorgo cortado y acumulado durante la noche para alimentar el ganado al día siguiente, ya que el calentamiento del forraje causa liberación de ácido cianhídrico, lo que hace el forraje más tóxico. En cualquier caso, cuando la forma de aprovechamiento es mediante heno o ensilado, particularmente cuando la planta ya formó el grano, el riesgo de contener este factor antinutritivo es muy bajo.

Uso de los sorgos forrajeros en verde

El aprovechamiento en verde de la planta podría ser de interés para cubrir el déficit de forraje fresco durante el verano. Se debe hacer en estado foliáceo debido a la pérdida de calidad a partir del encañado. Dentro de los distintos tipos de sorgos forrajeros (tipo pasto del Sudán, azucarados y de baja lignina o *bmr*), los sorgos tipo Sudán producen una gran cantidad de forraje de calidad y tienen alta capacidad de rebrote. Uno de los problemas del aprovechamiento en verde es la mencionada posibilidad de intoxicación del

ganado por la presencia en la planta de durrina en determinadas condiciones. Los sorgos azucarados aportan menor cantidad de forraje y tienen un crecimiento inicial más lento. No son tan exigentes en el manejo del pastoreo, ya que aún en avanzado estado de desarrollo no pierde calidad debido al contenido de azúcar en los tallos. Los sorgos forrajeros *bmr*, o nervadura marrón, presentan buen crecimiento y alta capacidad de rebrote al igual que los sorgos tipo Sudán. La diferencia con los otros tipos de sorgo forrajero radica en que presentan mayor calidad, en términos de digestibilidad, aumentando el consumo de forraje por animal principalmente hacia finales del verano. En general, en pastoreo se deben utilizar altas cargas instantáneas (pastoreo rotacional) con periodos cortos de estancia en cada parcela.

Momento óptimo de cosecha para ensilar el sorgo

El momento adecuado de recoger el sorgo para ensilar se aproximaría al del maíz, en cuanto que el grano debería estar entre los estados de 1/2 a 3/4 de la línea de leche (es decir, que entre la mitad y un cuarto del grano tiene consistencia blanda o lechosa, estando el resto en estado harinoso o vítreo), pero en el caso del grano de sorgo no es posible apreciar este estado, por lo que el concepto se aplica al estado de madurez del conjunto de granos de la panícula, que va madurando desde la parte superior a la inferior. Convencionalmente, por tanto, se considera el estado óptimo para ensilar el sorgo cuando el tercio superior de la panícula tiene los granos endurecidos, el tercio medio en estado pastoso y el inferior en estado lechoso. Cuando los silos se hacen cubiertos, en ambientes confinados, conviene ser precavidos durante las 3 o 4 primeras semanas por cuanto puede haber restos de ácido prúsico en el ambiente. El sorgo ensila con facilidad, de forma semejante a la del maíz forrajero, alcanzando rápidamente un pH de 4,0 que estabiliza de forma natural la masa de forraje. A causa de que a veces el sorgo se ensila con un nivel de humedad superior al del maíz forrajero, el contenido en ácido acético puede ser más elevado, si bien tiene la ventaja de conferir una mayor estabilidad del ensilado frente al deterioro aerobio.

► SE CONSIDERA EL ESTADO ÓPTIMO PARA ENSILAR EL SORGO CUANDO EL TERCIO SUPERIOR DE LA PANÍCULA TIENE LOS GRANOS ENDURECIDOS, EL TERCIO MEDIO EN ESTADO PASTOSO Y EL INFERIOR EN ESTADO LECHOSO

RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS REALIZADOS EN EL CIAM QUE COMPARAN EL RENDIMIENTO Y VALOR NUTRICIONAL DEL MAÍZ CON DISTINTOS TIPOS DE SORGO APROVECHADOS PARA FORRAJE

En el CIAM se realizaron diferentes estudios acerca de la utilidad de estas forrajeras de verano para ensilar, entre los que se debe destacar el trabajo de J. Lloveras (1983-1985), en el que evaluó el comportamiento productivo y el valor nutricional de diferentes cultivos de verano (maíz, pasto del Sudán e híbridos) en las condiciones de secano en la zona costera, en Mabegondo (tabla 2) y en la zona interior de Lugo, en A Pobra do Brollón (tabla 3). Las fechas de siembra de estos ensayos fueron entre principios de mayo y junio, y la cosecha entre finales de agosto y mediados de octubre. Las precipitaciones en los meses centrales del verano fueron algo superiores a la media de cada zona. Los resultados obtenidos en estas condiciones evidencian la superioridad productiva del maíz forrajero como cultivo de verano en las condiciones de secano húmedo en Mabegondo, mientras que en la localidad de A Pobra do Brollón el pasto del Sudán e híbridos muestran unos rendimientos comparables al maíz, debido a la mejor adaptación de estos cultivos a las temperaturas más elevadas de la Galicia interior. El valor energético del maíz fue, de forma consistente, superior al del pasto del Sudán e híbridos con sorgo, y la concentración proteica fue baja en todos los cultivos, con un valor de PB por debajo del 8 % MS.

Tabla 2. Cultivos de verano para ensilar: rendimiento por hectárea, contenido en proteína y digestibilidad en Mabegondo (A Coruña), media 3 años (1983-1985)

Cultivo	PROD (t MS/ha)	PB (% MS)	FAD (% MS)	DMS (%)
Maíz	15,20	6,4	24,5	71,0
Pasto del Sudán	7,79	5,5	37,7	55,0
Sorgo x pasto del Sudán	9,92	6,1	37,1	53,4

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta, FAD: fibra ácido detergente; DMS: digestibilidad de la MS

Fuente: Lloveras (1990)

Tabla 3. Cultivos de verano para ensilar: rendimientos por hectárea, contenido en proteína y digestibilidad en A Pobra do Brollón (Lugo), media 3 años (1983-1985)

Cultivo	PROD (t MS/ha)	PB (% MS)	FAD (% MS)	DMS (%)
Maíz	14,07	7,7	25,7	69,3
Pasto del Sudán	12,26	7,2	33,4	57,4
Sorgo x pasto del Sudán	14,05	7,1	32,7	56,4

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta, FAD: fibra ácido detergente; DMS: digestibilidad de la MS

Fuente: Lloveras (1990)

Posteriormente, durante los años 2009 y 2010 J. Piñeiro y N. Díaz realizaron en el CIAM dos ensayos, en los que caracterizaron la productividad y la composición química de diversas variedades de sorgo, pasto del Sudán e híbridos de sorgo x pasto del Sudán, que incluían variedades con el gen *bmr* y convencionales. En la tabla 4 se muestra el resumen de los resultados obtenidos en el ensayo llevado a cabo en el año 2009, en el que se realizó un aprovechamiento en dos cortes, a los 80 y 120 días tras la siembra en las localidades de Mabegondo y A Pobra do Brollón. En el año 2010 el ensayo se repitió solo en Mabegondo, realizando el aprovechamiento para ensilar, en un solo corte a los 124 días de la siembra (tabla 5). En el caso de realizar el aprovechamiento en 2 cortes, los rendimientos medios totales fueron similares para los tres cultivos, con valores que oscilaron entre 9,6 y 11 t MS/ha. Los valores medios del aprovechamiento en un solo corte oscilaron entre 10 y 10,5 t MS/ha para los híbridos y el sorgo, respectivamente, seguido del pasto del Sudán (7,0 t MS/ha). Los contenidos en FND fueron elevados para todos los cultivos, en particular para el pasto del Sudán, que se correspondió con la especie que mostró el valor energético más bajo (55,3 %) comparado con el sorgo (62,2 %) e híbridos (63,5 %). ►►

Tabla 4. Rendimiento y composición química del cultivo de sorgo bicolor (SB), pasto del Sudán (SS) e híbrido de sorgo x pasto del Sudán (SB x SS) recogidos en dos cortes, a los 80 y 120 días tras la siembra (medias de las localidades de Mabegondo y A Pobra do Brollón, año 2009)

Especie	Producción (kg MS/ha)			Altura (cm)	MS (%)	Composición química (% MS)					
	1.º corte	2.º corte	Total			MO	PB	FAD	FND	CNET	CSA
SB	7.819	1.906	9.724	142	19,4	92,7	8,2	36,5	64,8	14,9	13,9
SBxSS	8.266	2.810	11.077	159	17,9	92,3	8,1	38,0	66,4	13,0	11,9
SS	5.708	3.907	9.615	120	19,2	89,9	9,4	38,0	64,8	10,3	9,3

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; CNET: carbohidratos no estructurales; CSA: carbohidratos solubles en agua. Los valores medios de altura, contenido en materia seca y composición química están ponderados por la proporción de biomasa extraída en los cortes sucesivos.

Fuente: resultados de J. Piñeiro y N. Díaz (2009)

Tabla 5. Rendimiento, altura de plantas, contenido en materia seca, composición química y digestibilidad *in vitro* del cultivo de distintas variedades de sorgo bicolor (SB), pasto del Sudán (SS) e híbrido de sorgo x pasto del Sudán (SB x SS) recogidas en un solo corte a los 124 días en Mabegondo (año 2010)

Especie	Producción (kg MS/ha)	Altura (cm)	MS (%)	Composición química (% MS)						IVDMO (%)
				MO	PB	FAD	FND	AMD	CNET	
SB	10.523	173	25,9	95,1	6,1	33,5	60,7	3,7	19,1	62,2
SBxSS	10.095	205	26,9	95,3	5,6	32,5	58,8	3,7	21,9	63,5
SS	7.029	189	30,9	94,1	5,6	35,8	64,6	4,3	13,5	55,3

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; CNET: carbohidratos no estructurales; AMD: almidón; IVDMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

Fuente: resultados de J. Piñeiro y N. Díaz (2010)

Tabla 6. Rendimiento, altura de plantas, contenido en materia seca, composición química y digestibilidad *in vitro* de cultivo de variedades del género Sorghum con y sin el gen *bmr* recogidos en un solo corte a los 124 días en Mabegondo

Tipo	Producción (kg MS/ha)	Altura (cm)	MS (%)	Composición química (%MS)						IVDMO (%)
				MO	PB	FAD	FND	AMD	CNET	
no <i>bmr</i>	10.015	199	27,4	95,2	5,7	33,1	59,7	4,1	20,5	61,5
<i>bmr</i>	9.990	183	24,8	95,3	5,9	32,2	59,6	2,1	21,4	67,6

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; CNET: carbohidratos no estructurales; AMD: almidón; IVDMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vitro*.

Fuente: resultados de J. Piñeiro y N. Díaz (2010)

Tabla 7. Evolución del contenido en materia seca, composición química y digestibilidad *in vivo* de un híbrido de S. bicolor x S. sudanés en diferente estado fenológico (año 2010)

Estado	Fecha	MS (%)	Composición química (% MS)						DMO <i>in vivo</i> (%)	UFL/kg MS
			MO	PB	FAD	FND	AMD	CSA		
Vegetativo	28/08	16,5	91,9	11,8	34,0	61,0	0,0	9,0	65,75	0,80
Floración	29/09	20,9	95,7	6,7	36,6	59,8	0,6	17,4	56,24	0,70
Grano pastoso	29/10	25,0	96,0	5,7	35,1	61,2	4,4	16,8	53,81	0,67

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; CSA: carbohidratos solubles en agua; AMD: almidón; DMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vivo*. Variedad Nutri-Honey, sembrada el 5 de julio y recogida a los 54, 86 y 116 días (corte único)

Fuente: resultados de G. Flores *et al.* (2010)

En la tabla 6 se muestra el resumen de los resultados relativos al rendimiento y al valor nutricional de la comparación de las variedades tipo *bmr* vs. convencionales (no *bmr*). La productividad observada en ambos tipos fue semejante y el valor energético fue claramente superior en las variedades *bmr*, que mostraron digestibilidad más elevada (61,5 vs. 67,6 %) a pesar de que los contenidos en fibra

(FND y FAD) fueron prácticamente iguales. Como se indicó anteriormente, los tipos *bmr* fueron desarrollados específicamente para un aprovechamiento forrajero y presentan un menor contenido de lignina en la pared celular, lo que condiciona un diferente nivel de disponibilidad para la degradación microbiana de la pared celular de los forrajes en el rumen (Deinum *et al.*, 1968; Van Soest, 1994). Estos resultados evidencian que la estimación

del valor energético de los forrajes, realizada mediante ecuaciones de regresión basadas en la concentración de fibra, tiene el riesgo de proporcionar resultados de escasa fiabilidad con este tipo de forraje.

En otro estudio realizado en el CIAM, Flores *et al.* (2010) evaluaron la composición química y la digestibilidad *in vivo* de un híbrido de *S. bicolor* x *S. sudanés* (variedad Nutri-Honey). El cultivo fue sembrado el 5 de julio en Mabegondo y recogido en diferentes estados fenológicos: vegetativo (54 días), floración (86 días) y grano pastoso (116 días). Para la determinación de la digestibilidad *in vivo* se utilizaron ovinos alojados en jaulas metabólicas siguiendo la metodología en uso en el CIAM, conforme a la normativa de experimentación animal vigente. En la tabla 7 se muestra la evolución de la composición química y DMO *in vivo* de la planta de sorgo x pasto del Sudán con el avance de la madurez. Como era de esperar, la calidad de la planta disminuye conforme avanza la madurez del forraje, lo que se evidencia en la acusada caída de los valores de PB (de 11,8 a 5,7 % MS) y de la DMO *in vivo* (de 65,75 a 53,81 %) entre los estados vegetativo al de grano pastoso.

Una reciente aproximación a la comparación de los rendimientos de maíz y sorgo forrajero en gran parcela la proporcionan los resultados de otro estudio (Pereira-Crespo *et al.*, 2018) realizado en el CIAM en 2017. En este trabajo se evaluaron los cultivos de maíz (cv. Sensor) y sorgo (cv. PR84F), sembrados en la finca experimental de Mabegondo, a mediados de mayo en una superficie de 3,5 ha cada uno, siguiendo un cultivo de invierno (mezcla de raigrás híbrido+leguminosas anuales). La siembra se realizó con una sembradora de precisión, ajustada a una densidad teórica de 200.000 y 110.000 plantas ha⁻¹ para sorgo y maíz, respectivamente. La pluviometría total durante el cultivo fue algo inferior a la media (182 vs. 197 mm) y las dosis de fertilización fueron: 195 kg de N, 120 kg de P₂O₅ y 220 kg de K₂O/ha para el maíz y 100 kg de N, 60 kg de P₂O₅ y 150 kg de K₂O/ha para el sorgo. La floración del maíz tuvo lugar alrededor del 1 de agosto y la del sorgo dos semanas después, realizándose la cosecha de ambos cultivos el 25 de septiembre, coincidiendo con un estado fenológico de 2/3 línea de leche para el maíz y el estado grano lechoso-pastoso para el sorgo.



Cosecha de sorgo x pasto del Sudán var. Nutri-Honey (estado vegetativo, 28/8/2010)

La composición nutricional de las muestras se estimó mediante los métodos de referencia empleados en el CIAM. Con el objeto de ampliar la base de datos de muestras patrón de referencia se realizó la determinación de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de los forrajes en estado fresco utilizando ovinos alojados en jaulas metabólicas siguiendo la metodología en uso en el CIAM, conforme a la normativa de experimentación animal vigente.

Como puede observarse en la tabla 8, la producción del sorgo (11,59 t MS/ha) fue ligeramente inferior a la del maíz (13,46 t MS/ha). Los contenidos de materia seca del maíz y sorgo en el momento de la cosecha fueron de 41,7 % y 25,9 %, respectivamente. Ambos forrajes presentaron un bajo contenido de proteína bruta (PB), siendo la del maíz (7,4 % MS) inferior a la del sorgo (9,8 % MS). Los contenidos en fibra neutro detergente (FAD) y fibra ácido detergente (FAD) fueron claramente superiores para el sorgo, con unos valores para FND y FAD de 56,2 vs. 38,3 % MS y 30,7 vs. 19,0 % MS, respectivamente. En consecuencia, el sorgo presentó una DMO *in vivo* (58,3 vs. 70,1 %) y un valor energético (UFL: 0,74 vs. 0,94) notablemente inferiores al maíz. En cuanto al contenido en almidón, el maíz mostró, como era de esperar, un contenido muy superior (34,9 vs. 10,4 % MS).

Integrando los valores de digestibilidad y proteína con el rendimiento de MS de ambos cultivos se observa que la producción por hectárea de materia orgánica digestible (MOD) fue un 39 % superior para el maíz, mientras que la de proteína fue un 13 % superior para el sorgo (6,55 vs. 9,15 t MOD/ha y 1,13 vs. 0,99 t PB/ha). Por tanto, en las condiciones del experimento, el cultivo del maíz presentó ventajas significativas en comparación al sorgo, a pesar del alto rendimiento proteico de esta especie.

Tabla 8. Rendimiento, composición química y digestibilidad *in vivo* de maíz y sorgo como cultivos de verano en gran parcela (año 2017)

	Maíz	Sorgo
Rendimiento		
Producción de MS (t/ha)	13,46	11,59
Producción de MOD (t/ha)	9,15	6,55
Producción de PB (t/ha)	0,99	1,13
Composición química		
MS (%)	41,7	25,9
MO (% MS)	97,6	97,0
PB (% MS)	7,4	9,8
FAD (% MS)	19,0	30,7
FND (% MS)	38,3	56,2
AMD (% MS)	34,9	10,4
Valor energético		
DMO <i>in vivo</i> (%)	70,1	58,3
UFL	0,94	0,74

MS: materia seca; MO: materia orgánica; PB: proteína bruta; FND: fibra neutro detergente; FAD: fibra ácido detergente; AMD: almidón; DMO: digestibilidad de la materia orgánica *in vivo*

Fuente: resultados de Pereira-Crespo *et al.* (2018)

Ensilabilidad y deterioro aerobio

Los principios básicos de la conservación de los forrajes mediante ensilado son: conseguir condiciones de anaerobiosis (ausencia de oxígeno) lo antes posible y disminuir el pH rápidamente hasta un valor ideal de 4 para inhibir la actuación de la flora clostrídica, manteniendo posteriormente la estancidad del forraje evitando el

acceso del aire a la masa ensilada hasta el momento de su consumo por el ganado. La ensilabilidad de un forraje es la mayor o menor facilidad para fermentar correctamente de forma natural. Los tres factores que definen la ensilabilidad de un forraje son: el contenido en materia seca, el contenido de carbohidratos solubles en agua y la capacidad tampón (resistencia a la acidificación durante la fermentación).

Entre las ventajas del maíz y del sorgo para su utilización como ensilados cuenta, de forma decisiva, la capacidad para fermentar correctamente, presentando habitualmente un contenido en MS elevado (por lo general mayor en el maíz), bajo poder tampón y alto contenido en carbohidratos solubles que favorecen la fermentación láctica y una rápida caída de pH. No obstante, el relativamente alto contenido en azúcares residuales de estos ensilados crean un medio proclive a la multiplicación de fermentados y de mohos cuando se produce la entrada de aire en el silo por un deficiente sellado o compactación de la masa de forraje o por su exposición al aire una vez abierto el silo. El deterioro aerobio es uno de los principales problemas que afectan a la conservación y a la calidad higiénica de los ensilados y, en particular, a los de maíz y sorgo, lo que ocasiona no solo una disminución del valor nutricional, sino que, además, pueden tener un potencial efecto negativo en casos extremos en la calidad de la leche y en la salud animal y humana (Driehuis y Oude Elferink, 2000). Por estas razones en ocasiones puede ser de utilidad el uso de inoculantes en cuya composición están presentes bacterias lácticas heterofermentativas, como *Lactobacillus buchneri*, las cuales actúan eficazmente contra la proliferación de mohos y fermentos a través de la producción controlada de ácido acético durante la fermentación, mejorando la estabilidad aerobia de los ensilados (Filya, 2003). ►



**CAIXA RURAL
GALEGA**

A nosa Caixa
www.caixaruralgalega.gal

A este respecto, en otro trabajo realizado recientemente en el CIAM, González-Alcántara *et al.* (2018) evaluaron el efecto de la aplicación de un inoculante comercial (SORBENSYL Soluble®, STI Biotechnologie), compuesto por *Lactobacillus buchneri*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus rhamnosus* y *Lactococcus lactis*, sobre la calidad fermentativa y la estabilidad aerobia de silos de laboratorio de maíz y de sorgo. El material vegetal procedía de los cultivos realizados en gran parcela mencionados anteriormente y recogidos a finales de septiembre de 2017 en el CIAM. La estabilidad aerobia se evaluó mediante tres índices propuestos por O'Kiely (1993): la diferencia de temperaturas máxima (Tdif max), el tiempo (h) hasta que la diferencia de temperaturas, Tdif, superó 2 °C (hora Tdif > 2) y el tiempo (h) hasta que se alcanzó la diferencia máxima de temperaturas (hora Tdif max).

Los resultados del efecto de la especie y el uso de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aerobia del ensilado se muestran en la tabla 9. Los ensilados no produjeron efluente, en consonancia con el alto contenido en MS del forraje ensilado (36,4 % para el maíz y 28,1 % para el sorgo) y, consecuentemente, el nivel de pérdidas fue bajo en ambos casos (7,5 y 8,6 % de la MS total ensilada inicialmente para maíz y sorgo, respectivamente). La calidad de fermentación de los ensilados fue satisfactoria, en líneas generales, tanto en el ensilado de maíz como en el de sorgo, mostrando la buena ensilabilidad de estos cultivos aún en ausencia de inoculante. El ensilado de sorgo mostró una fermentación más intensa, con valores superiores de ácidos láctico y acético, en consonancia con su menor contenido en materia seca y azúcares solubles, comparado con el ensilado de maíz. Siguiendo los criterios recomendados por Dulphy y Demarquilly (1981), una correcta fermentación se corresponde con niveles de pH inferiores a 4,0 y valores de N amoniacal y N soluble (expresados en porcentaje del N total) por debajo del 10 % y del 50 %, respectivamente.

Tabla 9. Efecto de la especie y el uso de inoculante sobre la calidad fermentativa y estabilidad aerobia del ensilado

	Cultivo		Uso de inoculante		Maíz		Sorgo	
	Maíz	Sorgo	CTRL	INOC	CTRL	INOC	CTRL	INOC
MS	36,4	28,1	32,3	32,3	36,3	36,4	28,2	28,1
pH	3,71	3,70	3,70	3,71	3,71	3,71	3,69	3,70
LCT	4,6	7,2	6,3	5,5	4,7	4,6	8,0	6,5
ACT	1,8	2,5	2,0	2,3	1,6	2,0	2,5	2,5
N-NH ₃	4,8	5,1	5,1	4,8	5,0	4,6	5,2	5,1
Nsol	43,6	36,1	39,9	39,8	43,7	43,5	36,2	36,1
PERDMS	7,5	8,6	8,0	8,1	7,2	7,8	8,7	8,4
Hora Tdif > 2	38,8	38,2	36,4	40,6	35,4	42,2	37,4	39,0
Tdif max (°C)	10,6	12,6	12,5	10,7	12,4	8,8	12,6	12,6
Hora Tmax	48,5	46,2	45,8	48,9	46,1	50,8	45,4	46,9

MS: materia seca; LCT: láctico (% MS); ACT: acético (% MS); N-NH₃: nitrógeno amoniacal (% nitrógeno total); Nsol: nitrógeno soluble (% nitrógeno total); PERDMS: pérdidas de MS; CTRL: tratamiento sin inoculante; INOC: tratamiento con inoculante

Fuente: González-Alcántara *et al.* (2018)

► LAS DIFERENCIAS ENTRE EL RENDIMIENTO DE AMBOS CULTIVOS SE ATENUAN EN EL CASO DE SECANOS MÁS CÁLIDOS SIN DÉFICITS EXCESIVOS DE AGUA EN VERANO

La concentración de ácido láctico fue superior para el tratamiento control comparado con el inoculante, mientras que el contenido en acético fue superior para este último, en clara correspondencia con el efecto de la actividad de los lactobacilos heterofermentativos del producto comercial. Los valores medios de estabilidad aerobia de los ensilados de maíz y de sorgo fueron semejantes, sin diferencias apreciables entre estos. Los ensilados tratados con inoculante mostraron una estabilidad aerobia significativamente superior a los no tratados, siendo más evidente en el caso del ensilado de maíz, que mostró una menor concentración de acético en el ensilado control (no tratado con inoculante), comparado con el sorgo. Los resultados corroboran en líneas generales los efectos positivos obtenidos en otros ensayos realizados en el CIAM (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2007) cuando se aplican inoculantes con bacterias lácticas homo y heterofermentativas a ensilados de maíz.

CONCLUSIONES

- En condiciones de secanos húmedos y templados, el cultivo del maíz presenta una clara superioridad con relación al sorgo, en términos de rendimiento de materia seca y de energía por hectárea, debido a la mayor producción y digestibilidad del maíz.
- La extracción de proteína, en determinadas ocasiones, puede ser superior para el sorgo al presentar tenores de proteína más elevados que los del maíz.
- Las diferencias entre el rendimiento de ambos cultivos se atenúan en el caso de secanos más cálidos sin déficits excesivos de agua en verano.
- Únicamente en caso de veranos secos en zonas del interior los resultados productivos del sorgo se esperan superiores a los del maíz.
- La capacidad de rebrote de las variedades de pasto del Sudán y sus híbridos con sorgo pueden ser de utilidad para proporcionar forraje verde en verano, siendo necesario prestarle atención a la presencia de componentes antinutricionales.
- Cultivadas para ensilar en corte único, las variedades híbridas de sorgo y las de sorgo x pasto del Sudán fueron más productivas en comparación con las de pasto del Sudán.
- Faltan estudios locales que demuestren el comportamiento del sorgo en relación con el maíz a distintos niveles de disponibilidad de agua durante el verano. ■

NOTA DE LOS AUTORES

La bibliografía citada en este trabajo está a disposición de los lectores mediante contacto con la primera autora: soniapereira@ciam.gal