



EL SORGO GRANO PARA ENSILAR EN GALICIA COMO NUEVA ALTERNATIVA AL MAÍZ FORRAJERO: PRODUCCIÓN Y CALIDAD NUTRITIVA EN SIEMBRAS TARDÍAS

María José Bande Castro*¹, César Resch Zafra¹ y Miguel Quintela García²

¹ Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (CIAM). Instituto Galego de Calidade Alimentaria (INGACAL). Apartado 10, 15080 A Coruña (España).

² Progado S.L. Polígono Industrial de Sabón, Parcela 106 A, 15142 Arteixo, A Coruña (España).

GRAIN SORGHUM IN GALICIA FOR SILAGE AS A NEW ALTERNATIVE TO FORAGE MAIZE: YIELD AND NUTRITIVE VALUE IN LATE SOWING

Historial del artículo:

Recibido: 01/10/15

Revisado: 05/11/15

Aceptado: 25/01/16

Disponible online: 20/04/16

* Autor para correspondencia:

mariabande@ciam.gal

ISSN: 2340-1672

Disponible en: <http://polired.upm.es/index.php/pastos>

Palabras clave:

Rendimiento, composición química, cultivo de verano.

RESUMEN

El ensilado de sorgo puede ser una buena alternativa al del maíz para la alimentación de vacas de leche en áreas donde el riesgo de sequía estival sea alto. Con el propósito de determinar el potencial productivo del sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en las condiciones de secanos húmedos de la zona costera de Galicia, se evaluaron cinco variedades comerciales sembradas a mediados de junio como cultivo de verano. La cosecha se realizó en seis fechas diferentes, desde mediados de agosto hasta finales de octubre de 2012, a intervalos quincenales. La producción de materia seca (MS) por hectárea varió entre variedades en todos los cortes, oscilando en el último corte entre 4,6 y 8,4 t/ha de MS. Los contenidos en proteína bruta (PB) y fibra neutro detergente (FND) se vieron afectados por la variedad y el momento de corte. Promediando todas las variedades, los valores de PB variaron entre el 19,1 % (primer corte) y el 10,0 % (último corte) y los de FND entre el 53,8 % y 53,7 % respectivamente.

El segundo año se ensayaron las dos variedades que obtuvieron mejores resultados, 'Ascoli' y 'Alfa', con el objetivo de evaluar el rendimiento y la calidad del forraje. Con la variedad 'Ascoli' se obtuvo la mayor producción, los valores inferiores en el contenido en fibra ácido detergente, FND y carbohidratos solubles en agua, mientras que su contenido en almidón fue mayor. Las dos variedades estudiadas no mostraron diferencias significativas en cuanto a la digestibilidad in vivo e ingestibilidad.

Keywords:

Forage yield, chemical composition, summer crop.

ABSTRACT

Sorghum silage can be a good alternative to forage maize to feed dairy cows in areas where the risk of summer drought is high. Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) was tested to determine its yield under no irrigated conditions in temperate climate at Galician coastal area. Five different varieties were tested, which were sown at mid-June and harvested in six different dates since mid-August till late October every fifteen days. Dry matter (DM) yield per hectare in the last cut was between 4.6 and 8.4 t DM/ha. Crude protein (CP) and neutral detergent fibre (NDF) contents differed depending on variety and harvest date. Mean CP content varied from 19.1 % at first harvest to 10.0 % at the last one, while NDF content varied between 53.8 % and 53.7 % at first and last cut.

In the following year, two varieties with the highest DM yields were selected, so "Ascoli" and "Alfa" were sown to test their yield and forage quality. The variety "Ascoli" showed better results in terms of DM yield per hectare, lower contents in NDF, acid detergent fibre and water soluble carbohydrates, and higher starch percentage. "In vivo" trials were made with both varieties and no significant difference in terms of DM digestibility and intake were found. Both varieties showed a good performance as fodder for dairy cattle.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el desarrollo del sector productor de vacuno de leche en Galicia se ha caracterizado por la concentración de la producción en un menor número de comarcas y explotaciones, cada vez más especializadas. La evolución del modelo productivo lácteo gallego en los últimos años ha estado marcada por un incremento de la dependencia del suministro de insumos alimentarios del exterior, atenuada por una mayor intensificación forrajera de la Superficie Agraria Útil (SAU) disponible, por la mejora genética del ganado vacuno lechero y por un manejo más eficiente en la gestión de la explotación (Flores *et al.*, 2011).

El principal cultivo de verano elegido para ensilado en las explotaciones lecheras de Galicia durante mucho tiempo ha sido el maíz forrajero (*Zea mays* L.); así los datos obtenidos por Fernández-Lorenzo *et al.* (2009) muestran que la intensificación productiva de las explotaciones gallegas se vio acompañada de una mayor ocupación de la SAU por el cultivo del maíz forrajero para ensilar. Sin embargo, para que el maíz tenga un alto valor nutricional debe producir grandes cantidades de grano y, en períodos de sequía, la producción de grano puede ser muy limitada (Bean y Marsalis, 2012). Dada su mayor tolerancia a la sequía y mejor adaptación a suelos con menor fertilidad, el sorgo grano y forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) se presenta como una buena alternativa al maíz forrajero para la obtención de una cosecha en muchas zonas de Galicia. De hecho, por ejemplo, en el norte de Italia hace años que se estudia la posibilidad y conveniencia de sustituir total o parcialmente el maíz ensilado por otros forrajes (Colombo *et al.*, 2007; Colombini *et al.*, 2012).

Por otro lado, la nueva reforma de la Política Agraria Común (PAC), cuya aplicación comenzó en 2015, contempla la posibilidad de que las explotaciones obtengan un pago por prácticas agrícolas beneficiosas para el clima y el medio ambiente (pago verde o 'greening'), condicionando la subvención a la diversificación de cultivos. En Galicia, la aplicación de la diversificación de cultivos en el período de primavera (entre mayo y septiembre) supone en la práctica una reducción de la superficie de maíz en parte de las explotaciones lecheras. Esa reducción generará una pérdida media estimada de 187 €/ha en estas explotaciones (G. Flores, comunicación personal). El pago verde exige sembrar, al menos, dos cultivos diferentes cuando la tierra de cultivo de la explotación cubra entre 10 y 30 ha -tres cultivos si cubre más de 30 ha-, sin que ninguno de ellos supere el 75 % de la superficie y en el caso de tres cultivos, dos de ellos en conjunto no podrán sobrepasar el 95 %. Se exige que el cultivo se encuentre en el recinto durante dos meses consecutivos de los indicados. Quedan exentas las explotaciones que tengan las tres cuartas partes de sus tierras con praderas (unas 35 000), pero unas 3 000 explotaciones gallegas se verán obligadas a cambios en el manejo de sus



© María J. Bande Castro

Planta de sorgo un mes después de la siembra (capacidad de ahijado).
Sorghum plant one month after seeding (tillering capacity).

cultivos introduciendo nuevos cultivos forrajeros, como puede ser el girasol (*Helianthus annuus* L.), el sorgo, etc. Esos productores se corresponden fundamentalmente con las explotaciones lácteas más dimensionadas, que en Galicia practican en primavera-verano un monocultivo de maíz, ya que es el forraje que permite obtener más volumen de producción y, así, reducir en mayor medida las compras externas de alimento para los animales. Por lo tanto, el sorgo puede ser un cultivo de verano fundamental para cumplir dicha diversificación y convertirse en una alternativa para mejorar los ingresos de los agricultores.

El término "sorgo" engloba a un conjunto de plantas pertenecientes todas ellas a la familia de las gramíneas y al género *Sorghum*, entre las que cabe citar esencialmente a los sorgos para grano (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) y a los pastos del Sudán (*Sorghum sudanense* Piper), o a posibles híbridos intra o interespecíficos. Tanto el sorgo grano como el forrajero han sido mejorados genéticamente, incrementando la calidad de forraje y/o grano, y la productividad de materia seca (MS) por hectárea. De esta forma se han desarrollado distintos tipos adaptados a las necesidades de manejo de la producción animal, al incorporarse características como nevadura marrón (bmr) -menor contenido de lignina-, contenido de azúcar en tallo, fotosensibles -ciclo vegetativo de mayor longitud-, resistencia al vuelco, tolerancia a factores edafoclimáticos limitantes, etc. De acuerdo a lo mencionado, estos cultivares



Panojas de Ascoli y Alfa en el momento de la cosecha.



Sorghum cobs of Ascoli and Alfa varieties at harvesting time.

© César Resch Zafra

podrían agruparse en: sorgo granífero doble propósito, pastos del Sudán, híbridos de sorgo x pastos del Sudán, sorgo de nevadura marrón o 'bmr', sorgo fotosensible y sorgo azucarado (sileros, "alcoholeros"). Los sorgos denominados sileros son generalmente híbridos graníferos de alto potencial de rendimiento y productividad de biomasa (granífero doble propósito), de ciclo intermedio a largo, de alta producción de MS y digestibilidad, usados en ensilado de planta entera, con distinto contenido de azúcar en tallo o sin él, con o sin la característica de nevadura marrón (menor lignina) y granos con o sin taninos condensados, buscando una alta proporción de panoja (almidón). En España, según el MAGRAMA (2015), se destinan al cultivo de sorgo para forraje sólo 2 417 ha, de las que un 57 % se concentran en Cataluña; mientras que en Galicia, por el momento, su cultivo es testimonial.

La capacidad productiva del sorgo es mucho menor que la del maíz, y desde el punto de vista de su valor nutritivo, el sorgo es un alimento menos energético que el maíz. Aún así, Lusk *et al.* (1984), Grant *et al.* (1995) y Oliver *et al.* (2004) no encontraron diferencias significativas en la digestibilidad y en la producción de leche entre vacas alimentadas con ensilados de sorgo, principalmente 'bmr', y de maíz forrajeros. Estudios recientes realizados por Colombini *et al.* (2012) también demostraron que, proporcionando una adecuada suplementación de almidón, la planta entera de sorgo grano ensilado puede reemplazar al ensilado de maíz en vacas lecheras sin ningún efecto negativo sobre la producción de leche.

En el mercado se dispone de un gran número de variedades de sorgo, haciendo difícil seleccionar las más adecuadas para la producción de forraje para ensilar sin conocer su comportamiento en una zona concreta. Además, el tiempo de crecimiento y la etapa de madurez en la cosecha afectan en gran medida al rendimiento del forraje (Âman y Graham, 1987).

Los objetivos planteados en este trabajo se estructuraron en dos ensayos. En un primer ensayo se evaluó la adaptación del sorgo como productor de forraje en siembras tardías en cultivo de secano en la zona costera de Galicia, buscando conocer, en esas condiciones, la producción de forraje de diferentes variedades comerciales de sorgo grano y forrajero, así como los genotipos para ensilar en un único corte con alta proporción de grano (estado pastoso). Para ello se evaluó la evolución de la producción y del contenido de proteína bruta (PB) y fibra neutro detergente (FND) en las diferentes etapas del desarrollo del cultivo. En un segundo ensayo se evaluó con mayor detalle el rendimiento y la calidad forrajera de las dos variedades de sorgo grano consideradas más apropiadas según la evaluación realizada en el ensayo anterior.

MATERIAL Y MÉTODOS

El primer ensayo se realizó durante el período comprendido entre mediados de junio y finales de octubre de 2012, en la finca del CIAM (A Coruña), zona costera de clima atlántico a 100 m

de altitud, en condiciones de secano. El cultivo precedente fue una pradera y los valores de fertilidad del suelo eran: saturación de aluminio de 21,8 %, contenido en fósforo (Olsen) de 20 ppm y contenido en potasio (acetato amónico) de 211 ppm. La temperatura media durante el período de cultivo fue de 17,0 °C y la precipitación total acumulada de 186 L/m². El ensayo se llevó a cabo sobre suelos cuyo material de partida son esquistos pelíticos de la serie Betanzos-Arzúa de la formación conocida como "Complejo de Órdenes" (Martínez *et al.*, 1984). Son suelos profundos, sin pedregosidad en el perfil y de pH ácido. La textura del horizonte superficial del suelo es franca a franco-limosa y el contenido en materia orgánica medio.

Las cinco variedades comerciales de sorgo grano y forrajero evaluadas fueron: 'Ascoli', 'PR849F', 'Express', 'Alfa' y 'PR88Y20'. El laboreo consistió en el alzado del suelo con arado de vertedera, seguido de un pase de grada rotativa vertical. Posteriormente se aplicó una fertilización de 120 kg/ha de nitrógeno, 120 kg/ha de P₂O₅ y 220 kg/ha de K₂O aplicada en fondo en forma del complejo 15-15-15 y de cloruro potásico, y 69 kg/ha de nitrógeno en cobertera en forma de urea cuando las plantas tenían una altura de 50 cm.

El diseño seguido fue de parcelas divididas (split-plot), con la variedad como parcela principal y la fecha de corte como sub-parcela, con cuatro repeticiones de cada fecha de corte por parcela principal. La parcela elemental la constituyen cuatro líneas de cultivo de 18 m de longitud separadas 0,75 m (54 m²). La siembra de todas las variedades se realizó el 19 de junio de 2012 con una sembradora neumática de precisión y con una densidad aproximada de 155 000 semillas/ha. La siembra se retrasó notablemente respecto al periodo recomendable, que es la segunda quincena de mayo. Para el control de malas hierbas se aplicó en preemergencia un herbicida comercial (Harness GTZ; actualmente retirado del mercado) con acetocloro y terbutilazina como materias activas, y a una dosis de 4 L/ha. Asimismo se aplicó un insecticida a base de clorpirifos al 48% (Pyrgos) a una dosis de 1 L/ha.

Los controles de producción se realizaron en seis fechas diferentes, desde mediados de agosto hasta finales de octubre de 2012, a intervalos quincenales. En cada fecha se cosecharon los 18 m de las dos líneas centrales de cada parcela elemental (parcela útil = 27 m²), cortando la oferta de forraje a 8 cm del nivel del suelo con una cosechadora picadora de forraje Wintersteiger Cibus S. La muestra fue pesada directamente en fresco en el campo por la cosechadora y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1 000 g, que se envió al laboratorio para la determinación de MS en estufa de aire forzado Unitherm, a 80°C durante 16 h (Castro, 1996). Posteriormente se molieron las muestras a 1 mm en molino de martillos Christy and Norris para la realización de las restantes determinaciones por vía húmeda. Se determinó el contenido de PB, expresada como nitrógeno (N) total x 6,25, mediante digestión micro Kjeldahl, seguida de la

determinación colorimétrica del ión amonio, según el método descrito por Castro *et al.* (1990), adaptando al autoanalizador de flujo continuo AAIII (Bran-Luebbe, Inc., Technicon Industrial Systems Corp., Tarrytown, NY, EEUU). La FND se determinó según Goering y Van Soest (1970), y mediante un digestor Fibertec (Foss Tecator AB, Suecia) según Castro (2000).

El análisis estadístico de los datos se realizó mediante un análisis de la varianza, introduciendo los factores Variedad, Fecha de corte y la interacción Variedad x Fecha de corte para todas las variables dependientes (%MS, producción, PB y FND), utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000). La separación de medias se realizó mediante el test de diferencias mínimas significativas (*d.m.s.*) al nivel de probabilidad de $p < 0,05$.

El segundo ensayo se realizó durante el año 2013, en la finca del CIAM (A Coruña), en condiciones de secano. El cultivo precedente fue una mezcla de raigrás italiano (*Lolium multiflorum* Lam.) con leguminosas anuales. Las características de fertilidad del suelo eran: saturación de aluminio de 20,9%, contenido en fósforo (Olsen) de 22 ppm y contenido en potasio (acetato amónico) de 214 ppm, con un pH de 5,3. Son suelos profundos y sin pedregosidad en el perfil. La temperatura media durante el período de cultivo fue de 18,5°C y la precipitación total acumulada de 147 L/m², concentrada en 27 días (el 75 % en 15 días en el último mes).

Las dos variedades escogidas ('Ascoli' y 'Alfa') para realizar el ensayo fueron las que mostraron mejores resultados en el ensayo anterior. El diseño experimental fue de bloques al azar con ocho bloques y dos tratamientos (dos variedades), es decir, 16 parcelas elementales. La parcela elemental consistió en 16 líneas de cultivo de 20 m de longitud separadas 0,75 m (240 m²).

El laboreo consistió en el alzado del suelo con arado de vertedera seguido de dos pases cruzados de grada de discos. A continuación se aportó una fertilización de 120 kg/ha de N, 120 kg/ha de P₂O₅ y 250 kg/ha de K₂O aplicada en fondo en forma del complejo 15-15-15 y cloruro potásico, y 69 kg/ha de N en cobertera. La siembra se realizó el 25 de junio con una dosis de siembra de 217 000 semillas/ha.

El 21 de octubre se cosecharon los 18 m centrales (94,5 m²) de las ocho líneas centrales de cada parcela elemental, cortando a 8 cm del suelo con una cosechadora picadora de forraje Wintersteiger Cibus S. El estado fenológico de las plantas era de grano pastoso y/o lechoso-pastoso (momento óptimo de cosecha para ensilar, correspondiente a un contenido en MS de la planta entera del orden del 28-30 %). La muestra fue pesada directamente en campo por la cosechadora y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de 1 000 g aproximadamente, que se envió al laboratorio para las diferentes determinaciones.

Para calcular la producción de forraje se determinó la MS de la misma forma que en el ensayo anterior. Posteriormente, se molieron las muestras a 1 mm en molino de martillos Christy and Norris para la realización de las restantes determinaciones por vía húmeda. Se determinaron los contenidos de PB y FND tal y como se describió anteriormente, el de fibra ácido detergente (FAD) según Goering y Van Soest (1970), determinada en un digestor Fibertec (Foss Tecator AB, Suecia), y el de carbohidratos no estructurales (CNET) y solubles en agua (CSA) según Castro (2000). El almidón se determinó mediante el método polarimétrico. Todos los parámetros se refirieron a MS. La digestibilidad de la materia seca (DMS) y la ingestibilidad (IMS) se midieron utilizando seis carneros castrados por cada variedad que se quería experimentar. Para ello, siguiendo la metodología descrita por Flores (2004), los animales se confinaron en jaulas metabólicas diseñadas para tal efecto y durante once días seguidos se les ofertó alimento ad libitum, se tomó el peso de alimento ofrecido y rechazado y el peso de heces excretadas, y después se determinó mediante las fórmulas correspondientes la DMS y la IMS del alimento. Estas determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Pastos y Forrajes del CIAM. Las fórmulas utilizadas para el cálculo de la DMS y la estimación de la IMS fueron:

$$\text{DMS (\%)} = [(\text{MS ingerida} - \text{MS excretada}) / \text{MS ingerida}] \times 100$$

$$\text{MS ingerida} = \text{MS ofrecida} - \text{MS rechazada}$$

$$\text{IMS (g MS kg PV}^{-0,75} \text{ día}^{-1}) = \text{MS ingerida} / (\text{Peso vivo})^{0,75}$$

El análisis estadístico consistió en un anova simple de una vía con el factor Variedad y $n=8$ y una separación de medias que se efectuó mediante el test de diferencias mínimas significativas (*d.m.s.*), utilizando el procedimiento PROC GLM del paquete estadístico SAS v.8a (SAS Institute, 2000). En el caso de la DMS y la IMS se analizaron de la misma manera, con $n=6$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer ensayo

La nascencia del cultivo fue lenta, escalonada y poco uniforme debido a que las temperaturas durante el primer mes fueron bajas (Tabla 1), lo que llevó aparejado una ralentización del desarrollo vegetativo y un alargamiento del ciclo. Concretamente las temperaturas mínimas de los días siguientes a la siembra estuvieron por debajo de los 10°C (21, 22, 23 y 24 de junio con

temperaturas de 9,4; 6,7; 6,3 y 8,3°C respectivamente), temperaturas inferiores a la de umbral de crecimiento del cultivo. El 26 de junio el porcentaje de emergencia fue del 5% y el 2 de julio del 30%, alcanzando el 1 de agosto el estado de seis hojas con una altura de 50 cm.

En su posterior desarrollo no se observaron problemas fitopatológicos, por lo que no fue necesario realizar ningún tratamiento fitosanitario adicional, no apreciándose además ninguna incidencia que pudiese afectar su correcto rendimiento.

El primer aprovechamiento se llevó a cabo el 13 de agosto, a los 55 días de la siembra. En este período la temperatura media fue de 17,7°C. La temperatura acumulada desde la siembra fue de 425,3°C x día acumulados (sobre una temperatura base de 10°C) y la precipitación acumulada de 27,4 L/m² (Tabla 2). El estado fenológico de la planta era de ocho hojas, sin inicio de la emisión de la panícula en ninguna de las variedades.

Promediando todas las variedades, el contenido en MS (Tabla 3) varió de 17,9% en el primer corte hasta 29,5% en el último corte ($p<0,001$). Comparando las diferentes variedades ensayadas para el conjunto de las seis fechas de corte, el mayor incremento en contenido en MS lo experimentó la variedad 'Ascoli', alcanzando en la última fecha un 32,0%, lo que estaría relacionado con que se trata de la variedad más precoz. La variedad 'PR849F', la única evaluada con aptitud forrajera, presenta en la última fecha el menor contenido en MS, debido a que tiene un ciclo largo y una mayor proporción de parte verde.

En la última fecha de corte todas las variedades alcanzaron el máximo de producción en el período analizado (Tabla 4). La variedad 'PR849F' mostró la producción más elevada, con 8420 kg/ha de MS, seguida de 'Alfa' (8170 kg/ha de MS) y 'Ascoli' (7978 kg/ha de MS), no existiendo diferencias significativas entre ellas.

A partir del corte realizado el 17 de septiembre se hizo evidente un aumento en la producción de MS de las variedades 'PR849F' y 'Alfa' respecto a las demás variedades evaluadas, y a partir del 1 de octubre, el incremento de producción de 'Ascoli' fue superior al resto, obteniéndose una producción final similar a las de 'PR849F' y 'Alfa'.

La mayor producción obtenida por la variedad 'PR849F' en la última fecha de cosecha se atribuiría a su aptitud forrajera,

Mes	2012					Media de los últimos 10 años			
	Precipitación L/m ²	Días de lluvia	Tª media °C	Tª media máximas °C	Tª media mínimas °C	Precipitación L/m ²	Tª media °C	Tª media máximas °C	Tª media mínimas °C
Junio	64,4	4	16,9	21,6	11,7	47,4	17,3	22,5	11,9
Julio	10,1	7	17,7	23,0	11,9	40,6	18,4	23,6	12,8
Agosto	26,8	8	18,7	24,6	13,2	37,5	18,7	24,5	12,9
Septiembre	30,9	4	17,6	25,0	10,7	40,5	17,3	24,0	11,2
Octubre	54,2	18	14,4	19,6	9,4	181,8	14,7	20,3	9,7

TABLA 1. Precipitación y temperaturas durante los meses del ensayo.

TABLE 1. Precipitation and temperatures during the months of the trial.

debido a que alcanza mayor altura, en concordancia con los resultados de Schmid *et al.* (1976) y González Torrealba *et al.* (2005), quienes encontraron que la altura de la planta esta correlacionada positivamente con la producción en MS.

Fecha de corte	Tª media °C	Precipitación acumulada L/m²	Grados-día acumulados °C
13 agosto	17,7	27,4	425,3
27 agosto	18,1	44,1	560,8
17 septiembre	18,2	49,2	738,5
1 octubre	17,9	80,1	826,7
15 octubre	17,8	104,4	915,6
29 octubre	17,3	133,6	965,3

TABLA 2. Temperatura media, precipitación y grados-día acumulados entre fechas de cortes.

TABLE 2. Mean temperature, accumulated precipitation and degree-days between cutting dates.

Variedad	Fecha de corte						Media de la variedad
	13 agosto	27 agosto	17 septiembre	1 octubre	15 octubre	29 octubre	
Ascoli	17,7 ab	17,3 a	24,3 a	25,0 a	26,6 a	32,0 a	23,8 a
PR849F	17,4 ab	14,2 b	18,3 c	20,4 b	21,4 b	24,9 c	19,4 c
Express	19,2 a	17,3 a	22,7 b	21,9 ab	25,5 a	31,1 ab	23,0 ab
Alfa	16,7 b	16,6 a	22,7 b	23,9 a	24,7 a	28,8 b	22,2 b
PR88Y20	18,7 ab	17,5 a	23,8 a	25,2 a	23,9 ab	30,5 ab	23,3 a
Media del corte	17,9 d	16,6 e	22,4 c	23,3 b	24,4 b	29,5 a	

d.m.s.: variedad x fecha de corte: 1,0.

p variedad:***, p fecha de corte:***, p variedad x fecha de corte:*

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$; ***: $p < 0,001$; *: $p < 0,05$. Las cifras seguidas de la misma letra dentro de cada columna (distintas variedades) no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las cifras seguidas de la misma letra dentro de la última fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

TABLA 3. Contenido en materia seca (%) para las distintas variedades de sorgo y fechas de corte.

TABLE 3. Dry matter content (%) for different sorghum varieties and harvest dates.

Variedad	Fecha de corte						Media de la variedad
	13 agosto	27 agosto	17 septiembre	1 octubre	15 octubre	29 octubre	
Ascoli	517 a	1774 a	4699 a	5153 b	6390 ab	7978 a	4419 b
PR849F	381 a	1699 a	4959 a	6574 a	7126 a	8420 a	4860 a
Express	111 b	815 b	3166 b	3083 c	4255 c	4575 b	2667 d
Alfa	591 a	2012 a	5262 a	6020 ab	7236 a	8170 a	4882 a
PR88Y20	387 a	1433 ab	3990 ab	4667 b	4691 bc	5674 b	3474 c
Media del corte	397 f	1547 e	4415 d	5099 c	5940 b	6963 a	

d.m.s.: variedad x fecha de corte: 523.

p variedad:***, p fecha de corte:***, p variedad x fecha de corte:***

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$; ***: $p < 0,001$. Las cifras seguidas de la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las cifras seguidas de la misma letra dentro de la última fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

TABLA 4. Producción de materia seca total (kg MS/ha) para las distintas variedades de sorgo y fechas de corte.

TABLE 4. Dry matter yield (kg DM/ha) for different sorghum varieties and harvest dates.

Variedad	Fecha de corte						Media de la variedad
	13 agosto	27 agosto	17 septiembre	1 octubre	15 octubre	29 octubre	
Ascoli	18,1 c	17,1 bc	9,0 b	9,8 ab	10,1 a	10,6 a	12,4 b
PR849F	20,0 a	16,6 c	9,3 b	8,5 c	8,2 c	8,7 c	11,9 c
Express	19,9 a	18,5 a	10,5 a	10,4 a	10,0 a	10,6 a	13,3 a
Alfa	19,2 b	16,8 c	9,5 b	9,4 abc	9,1 b	9,7 b	12,3 bc
PR88Y20	18,1 c	18,0 ab	9,6 ab	9,3 bc	9,6 a	10,4 ab	12,5 b
Media del corte	19,1 a	17,4 b	9,6 cd	9,5 d	9,4 d	10,0 c	

d.m.s.: variedad x fecha de corte: 0,4.

p variedad:***, p fecha de corte:***, p variedad x fecha de corte:***

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$; ***: $p < 0,001$. Las cifras seguidas de la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las cifras seguidas de la misma letra dentro de la última fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

TABLA 5. Contenido en proteína bruta (% sobre materia seca) para las distintas variedades de sorgo y fechas de corte.

TABLE 5. Crude protein content (% on dry matter) for different sorghum varieties and harvest dates.

podría atribuirse a que presenta una mayor producción de MS debido a su elevada altura (Tabla 4), aumentando la proporción de tallo respecto a hojas, lo que conlleva una merma en la calidad nutritiva con el valor mínimo de PB.

El contenido en FND (Tabla 6) aumentó hasta la tercera fecha de cosecha (17 de septiembre), llegando a valores que variaron desde 63,1 % ('Express') hasta 65,0 % ('PR88Y20'); a partir de este momento, los contenidos de FND de todas las variedades, excepto 'PR849F', mostraron una fuerte caída hasta la quinta fecha de cosecha (15 de octubre), en la que se alcanzaron valores de 50,4 %, 50,6 %, 52,0 % y 52,1 % para 'Ascoli', 'PR88Y20', 'Express' y 'Alfa', respectivamente. Este fenómeno puede atribuirse a la acumulación de carbohidratos de reserva en los granos, produciéndose un efecto de dilución de las paredes celulares en el resto de componentes de la planta. La variedad 'PR849F' caracterizada por una panícula poco densa y con apenas formación de granos, no mostró este fenómeno de forma tan acusada como las otras variedades; de hecho, en la última fecha de cosecha fue la variedad que alcanzó el mayor contenido de FND (59,5 %) debido al aumento en la proporción de tallo, implicando una merma en la calidad nutritiva.

Segundo ensayo

El mayor rendimiento obtenido con la variedad 'Ascoli' (Tabla 7) podría deberse a su estado fenológico más avanzado. En cuanto a la composición del forraje, 'Ascoli' mostró valores inferiores a 'Alfa' en FAD, FND, CSA y CNET, y superiores en almidón. Estas diferencias pueden deberse al

estado de desarrollo de las plantas en el momento de la cosecha, estando la variedad 'Ascoli' más adelantada; pues cosechar en un estado más avanzado de crecimiento de la planta implica una disminución en los contenidos de FND y CSA, lo que se atribuye a que el grano se llena con almidón (Ashbell y Weinberg, 2001). Asimismo, el estudio de Gontijo Neto et al. (2002) reveló diferencias en cuanto a valores de proteína y fibra probablemente atribuidas también al estado de madurez de la planta.

Por último, no se observaron diferencias significativas entre las dos variedades en digestibilidad *in vivo* ni en ingestibilidad (Tabla 8).

Los resultados obtenidos en estos ensayos coinciden, en general, con los encontrados en la bibliografía en cuanto a la buena calidad nutricional que presenta el sorgo como alternativa al maíz (Colombo et al., 2007).

CONCLUSIONES

En las condiciones ambientales y de manejo en las que se llevó a cabo el primer ensayo, la última fecha de cosecha sería la más adecuada para conciliar una buena producción de MS y una aceptable calidad nutritiva para el aprovechamiento del sorgo como ensilado. Para este tipo de aprovechamiento no se recomendaría el uso de la variedad 'PR849F' debido a que los valores de composición química son menos adecuados que los de las demás variedades. Si además tenemos en cuenta los resultados de los

Variedad	Fecha de corte						Media de la variedad
	13 agosto	27 agosto	17 septiembre	1 octubre	15 octubre	29 octubre	
Ascoli	51,9 b	55,9 ab	64,2 a	55,9 c	50,4 b	54,3 b	55,4 bc
PR849F	53,9 a	56,6 a	63,9 a	61,3 a	60,4 a	59,5 a	59,3 a
Express	52,8 b	54,2 b	63,1 a	57,6 b	52,0 b	50,8 c	55,1 c
Alfa	54,9 a	56,8 a	64,7 a	58,6 b	52,1 b	52,8 bc	56,7 b
PR88Y20	55,4 a	56,2 a	65,0 a	58,2 b	50,6 b	51,3 c	56,1 b
Media del corte	53,8 d	55,9 c	64,2 a	58,3 b	53,1 d	53,7 d	

d.m.s.: variedad x fecha de corte: 1,2.

p variedad:***, p fecha de corte:***, p variedad x fecha de corte:***

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna o fila al nivel $p < 0,05$; ***: $p < 0,001$. Las cifras seguidas de la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$). Las cifras seguidas de la misma letra dentro de la última fila no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

TABLA 6. Contenido en fibra neutro detergente (% sobre materia seca) para las distintas variedades de sorgo y fechas de corte.

Variedad	Producción (kg MS/ha)	PB	FAD	FND	CSA	CNET	Almidón
Ascoli	8782 a	10,7 a	23,3 b	45,6 b	3,7 b	16,3 b	31,0 a
Alfa	7101 b	11,2 a	27,7 a	52,7 a	9,7 a	21,9 a	15,9 b
d.m.s.	909	1,4	3,4	4,3	2,4	4,9	12,9
p	**	n.s.	*	*	**	*	*

PB: proteína bruta (%MS); FAD: fibra ácido detergente (%MS); FND: fibra neutro detergente (%MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (%MS); CNET: carbohidratos no estructurales totales (%MS); almidón (%MS);

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna al nivel $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; *: $p < 0,05$; n.s.: $p > 0,05$. Las cifras seguidas de la misma letra dentro de cada columna no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

TABLA 7. Rendimiento y calidad para las dos variedades de sorgo.

TABLA 7. Dry matter yield and quality for the two sorghum varieties.

TABLA 6. Neutral detergent fibre content (% on dry matter) for different sorghum varieties and harvest dates.

Variedad	DMS (%)	IMS (g MS kg PV ^{-0,75} día ⁻¹)
Ascoli	58,9	51,2
Alfa	62,0	55,3
Media	60,4	53,3
d.m.s.	3,6	19,5
p	n.s.	n.s.

d.m.s.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma columna al nivel $p < 0,05$; n.s.: $p > 0,05$.

TABLA 8. Digestibilidad *in vivo* de la materia seca (DMS) e ingestibilidad de la materia seca (IMS) de las dos variedades de sorgo forrajero ensayadas.

TABLA 8. *In vivo* dry matter digestibility (DMS) and dry matter ingestibility (IMS) of the two forage sorghum varieties tested.

rendimientos, se recomiendan las variedades 'Ascoli' y 'Alfa' como las más apropiadas para el cultivo del sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia atlántica.

En cuanto al segundo ensayo, con la variedad 'Ascoli' se obtuvo un mayor rendimiento que con 'Alfa'. La primera también mostró valores inferiores en el contenido en FAD, FND y CSA, mientras que en almidón su contenido fue mayor. Las dos variedades estudiadas no mostraron diferencias significativas en cuanto a la digestibilidad *in vivo* e ingestibilidad.

Desde el punto de vista de las necesidades nutricionales de vacas de leche, se concluye que los valores encontrados en ambas variedades podrían sustituir a un ensilado de maíz (NRC, 2001); lo que permitirá que el sorgo sea una buena opción en determinadas zonas con condiciones edáficas y/o climáticas limitantes donde el maíz no responde y/o sea usado para cumplir la diversificación de cultivos de la PAC. Sin embargo, es indispensable la realización de experiencias locales, ya que la cantidad y la calidad del forraje depende del cultivar utilizado, el ambiente y el estado de madurez en que se coseche, siendo necesario un mayor conocimiento de las características del cultivo y el potencial que ofrecen distintos cultivares.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue realizado gracias a las ayudas recibidas a través del Fondo Europeo Agrícola de Desarrollo Rural (FEADER) de la Consellería de Medio Rural e do Mar de la Xunta de Galicia con el proyecto titulado "Alternativas de cultivos para mitigar los efectos del cambio climático: evaluación de cultivos resistentes a seca para la producción de forraje en explotaciones de leite".

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ÂMAN P. Y GRAHAM H. (1987) Whole-crop peas. I. Changes in botanical and chemical composition and rumen *in vitro* degradability during maturation. *Animal Feed Science and Technology*, 17, 15-31.
- ASHBELL G. Y WEINBERG Z.G. (2001) Uso del ensilaje en el trópico privilegiando opciones para pequeños campesinos. En: Mannetje L.'t (ed) *Estudio FAO producción y protección vegetal*, 161, pp. 111-120. Roma, Italia: FAO.
- BEAN B. Y MARSALIS M. (2012) Corn and sorghum silage production considerations. High Plains Dairy Conference. Amarillo, TX, EEUU: A&M AgriLife Research and Extension.
- CASTRO P. (1996) Efecto de tres temperaturas de secado sobre la calidad de forrajes y heces. En: *Actas de la XXXVI Reunión Científica de la SEEP*, pp. 365-368. La Rioja, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- CASTRO P. (2000) Determinación de carbohidratos no estructurales en forrajes. En: *III Reunión Ibérica de Pastos y Forrajes*, pp. 447-453. Santiago de Compostela, España: Consellería de Agricultura, Gandería e Política Agroalimentaria, Xunta de Galicia.
- CASTRO P., GONZÁLEZ-QUINTELA A. Y PRADA-RODRÍGUEZ D. (1990) Determinación simultánea de nitrógeno y fósforo en muestras de pradera. En: *XXX Reunión Científica de la SEEP*, pp. 200-207. San Sebastián, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.
- COLOMBINI S., GALASSI G., CROVETTO G.M. Y RAPETTI L. (2012) Milk production, nitrogen balance, and fiber digestibility prediction of corn, whole plant grain sorghum, and forage sorghum silages in the dairy cow. *Journal of Dairy Science*, 95, 4457-4467.
- COLOMBO D., CROVETTO G.M., COLOMBINI S., GALASSI G. Y RAPETTI L. (2007) Nutritive value of different hybrids of sorghum forage determined *in vitro*. *Italian Journal of Animal Science*, 6, 289-291.
- FERNÁNDEZ-LORENZO B., DAGNAC T., GONZÁLEZ-ARRÁEZ A., VALLADARES J., PEREIRA-CRESPO S. Y FLORES G. (2009) Sistema de rendimiento de leche en Galicia. Evolución y estado actual. *Pastos*, 39 (2), 251-294.
- FLORES G. (2004) Factores que afectan a la calidad del ensilaje de hierba y a la planta de maíz forrajero en Galicia y evaluación de métodos de laboratorio para la predicción de la digestibilidad *in vivo* de la materia orgánica de estos forrajes ensilados. Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.
- FLORES G., FERNÁNDEZ-LORENZO B. Y RESCH C. (2011) Aumentar la base forrajera de las explotaciones lecheras, clave para garantizar su futuro. *Vida Rural*, 322, 27-32.
- GOERING H. Y VAN SOEST P. (1970) Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). *Agriculture Handbook*, 379, 20 pp. Washington D.C., EEUU: ARS, USDA.
- GONTIJO NETO M.M., OBEID J.A., PEREIRA O.G., CECILION P.R., CÂNDIDO M.J.D. Y MIRANDA L.F. 2002. Híbridos de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivados sob níveis crescentes de adubação. Rendimento, proteína bruta e digestibilidade *in vitro*. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 31 (4), 1640-1647.
- GONZÁLEZ TORREALBA R.O., SEQUERA MIRELLIY W.Y. Y GRATEROL Y. (2005) Comportamiento de nueve cultivares de sorgo forrajero en Portuguesa, Venezuela. *Pastos*, 35 (2), 151-162.
- GRANT R.J., HADDAD S.G., MOORE K.J. Y PEDERSEN J.F. (1995) Brown midrib sorghum silage for midlactation dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 78, 1970-1980.
- LUSK J.W., KARAU P.K., BALOGU D.O. Y GOURLEY L.M. (1984) Brown midrib sorghum or corn silage for milk production. *Journal of Dairy Science*, 67, 1739-1744.
- MAGRAMA (2015) *Anuario de Estadística. Avance 2014*. Disponible en:

- http://www.magrama.gob.es/estadistica/pags/anuario/2014-Avance/AE_2014_Avance.pdf [Consulta: 19 de junio de 2015]
- MARTÍNEZ J.R., KLEIN E., DE PABLO J.G. Y GONZÁLEZ F. (1984) El complejo de Órdenes: subdivisión, descripción y discusión sobre su origen. *Cadernos do Laboratorio Xeolóxico de Laxe*, 7, 139-210.
- NRC (National Research Council) (2001) *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th rev. ed. Washington D.C., EEUU: National Academy of Sciences.
- OLIVER A.L., GRANT R.J., PEDERSEN J.F. Y O'REAR J. (2004) Comparison of brown midrib-6 and -18 forage sorghum with conventional sorghum and corn silage in diets of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87, 637-644.
- SAS INSTITUTE (2000) *SAS/Stat user's guide*, v.8.1. Cary, NC, EEUU: SAS Institute Inc.
- SCHMID A.R., GOODRICH R.D., JORDAN R.M., MARTEN G.C. Y MEISKE J.C. (1976) Relationships among agronomic characteristics of corn and sorghum cultivars and silage quality. *Agronomy Journal*, 68, 403-406.