

# PRODUCTIVIDAD Y COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL SORGO PARA ENSILAR CULTIVADO CON Y SIN RIEGO EN GALICIA

A. BOTANA<sup>1</sup>, A. SAINZ-RAMÍREZ<sup>1,3</sup>, J. VALLADARES<sup>1</sup>, S. PEREIRA-CRESPO<sup>2</sup>, M. VEIGA<sup>1</sup>, C. RESCH<sup>1</sup>,  
G. FLORES-CALVETE<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Galego de Calidade Alimentaria. Centro de Investigacións Agrarias de Mabegondo (INGACAL-CIAM), Apdo. 10, 15080 A Coruña (España). <sup>2</sup>Laboratorio Interprofesional Galego de Análise do Leite (LIGAL). Mabegondo, 15318 Abegondo, A Coruña (España). <sup>3</sup>Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales (ICAR). Universidad Autónoma del Estado de México. Instituto Literario 100, 50000 Toluca (México).  
Correspondencia: adrian.botana.fernandez@xunta.es

## RESUMEN

En este trabajo se evaluó el comportamiento productivo y la composición química de dos variedades de grano y una variedad forrajera de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) en condiciones de secano y regadío, en la zona interior de la provincia de Lugo, siguiendo un diseño en bloques completamente aleatorizados, con cuatro repeticiones. El riego se realizó mediante aspersión, entre los meses de julio a septiembre, con una frecuencia de dos días por semana y un acumulado total de 200 mm, siendo la precipitación en dicho período de 75 mm. La cosecha se realizó en el mismo estado fenológico, entre el 4 de octubre y el 2 de noviembre, dependiendo de la diferente precocidad de las variedades. Los resultados obtenidos mostraron un incremento medio del 50 % en la producción en materia seca (MS) para el cultivo con riego, en comparación con el de secano (10,8 vs. 5,5 t MS ha<sup>-1</sup>). Las plantas irrigadas mostraron un menor contenido en fibra y en carbohidratos solubles en agua y una superior concentración de almidón, comparadas con las no regadas. La variedad forrajera de sorgo fue la más productiva en los dos ambientes, siendo preferible a las de grano para la zona de estudio.

**Palabras clave:** cultivo de verano, déficit hídrico, rendimiento, valor nutricional

## SUMMARY

This work evaluates the effect of water availability (irrigation vs. rainfed) on yield and chemical composition of two grain cultivars and one forage hybrid cultivar of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) grown for silage in the inner dryland zone of Lugo (Galicia, NW Spain), following a completely randomized block design, with 4 replications. Sprinkler irrigation provided a total water dose of 200 mm in the summer (July to September) period, where total rainfall amounted to 75 mm. Planting was carried out on 22 June 2016 and the harvest was carried out in the same phenological stage, between 4 October and 2 November, according to the precocity of the cultivars. Crop dry matter (DM) yield was 50% higher for irrigated than rainfed (10.8 vs. 5.5 t DM ha<sup>-1</sup>) crops. Water stressed plants showed higher fiber and sugar but lower starch contents. The forage sorghum variety showed better performance compared to grain varieties irrespective of water availability conditions and thus, it is the recommended option for the zone.

**Key words:** summer crop, water stress, dry matter production, chemical composition

## INTRODUCCIÓN

Un reciente trabajo sobre la estructura de las explotaciones lecheras de Galicia (Fernández-Lorenzo *et al.*, 2016) señala que el cultivo de maíz forrajero para la alimentación de las vacas de leche aumentó desde las 47 000 ha del año 2006 hasta las 67 000 ha de 2013 y constituye la principal base forrajera, por encima del ensilado de hierba, en las granjas de mayor dimensión. El cultivo del maíz en esta

comunidad se realiza en secano en su práctica totalidad, por lo que en determinadas zonas lecheras del interior de Galicia la variabilidad en las precipitaciones de verano comprometen los rendimientos de maíz obtenidos, en particular en el caso de suelos arenosos, con baja capacidad de retención de agua. En tales condiciones, el cultivo de sorgo forrajero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) podría asegurar la obtención de forraje durante el verano al ser menos exigente en agua y nutrientes comparado con el maíz (Farré y Faci, 2006). Esta circunstancia, unido al hecho de los requerimientos de diversificación de cultivos para el llamado "pago verde" de la PAC hace que se haya incrementado la demanda de información acerca del cultivo de sorgo, hasta ahora prácticamente ausente en las explotaciones ganaderas de Galicia.

Actualmente no existe suficiente información acerca del comportamiento productivo y la composición nutricional de distintas variedades de sorgo en condiciones de diferente disponibilidad de agua. El objetivo del presente trabajo es evaluar el rendimiento y la composición química de tres variedades híbridas de sorgo, dos de grano y una forrajera, cultivadas en condiciones de secano y regadío en la zona interior de Galicia.

## MATERIAL Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante el período comprendido entre finales de junio y principios de noviembre de 2016, en la finca experimental del Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM) en Pobra de Brollón (Lugo), situada en el interior de Galicia (42° 36' N, 7° 24' W), en una zona de clima continental a 400 m de altitud, de inviernos fríos y húmedos y veranos cálidos y secos, con suelos de textura franco limosa, baja acidez y valores medios de fósforo y potasa. El balance hídrico del año medio para la zona de ensayo señala un déficit de agua moderado en los meses de julio, agosto y septiembre, con unas necesidades totales calculadas para el riego por aspersión de 213 mm.

Se evaluaron dos variedades de grano, cv. Alfa (AL) y cv. Ascoli (AS) y una forrajera, cv. PR849F (PR), todas ellas híbridas. Todas las variedades se cosecharon en el mismo estado fenológico, en el cual los granos de la panícula alcanzaron el estado pastoso duro en la parte superior y de lechoso a pastoso en la parte inferior, entre el 4 de octubre y el 2 de noviembre de 2016, en función de la precocidad de las variedades.

El ensayo se realizó en rotación con un cultivo invernal de leguminosas anuales, en dos parcelas homogéneas con una superficie de 50 x 50 m cada una, separadas por un pasillo de 20 m de ancho, siendo una de ellas asignada a la zona regada y otra a la no regada. Cada parcela elemental consistió en una superficie de 90 m<sup>2</sup> (6 x 15 m) en las que se sembraron 8 líneas de cultivo, con una separación de 75 cm entre líneas. El laboreo consistió en el alzado del suelo con arado de vertedera seguido de un pase de grada rotativa vertical, aplicando posteriormente una fertilización de 80 kg de N, 80 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y 80 kg de K<sub>2</sub>O por hectárea. La siembra se realizó el 22 de junio de 2016 con una sembradora de precisión ajustada a una densidad teórica de 150 000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se realizó un tratamiento herbicida en postemergencia precoz con WING-P (Dimetenamida-p 21,25% + Pendimetalina 25%), a una dosis de 4 L ha<sup>-1</sup>. El aporte de agua a la zona regada se realizó por aspersión con una pluviometría total de 200 mm durante los meses de julio (50 mm), agosto (100 mm) y septiembre (50 mm), con una frecuencia de riego de dos veces por semana y una dosis de 4 mm h<sup>-1</sup>. La otra mitad no recibió ningún aporte hídrico durante el ensayo. No fue necesario dar un riego previo a la siembra pues las precipitaciones registradas en la segunda mitad del mes de junio (42 mm) aseguraron la nascencia del cultivo.

La cosecha se realizó de forma manual, cortando las plantas de un transecto de 12 m, concretamente en 3 m centrales de las 4 líneas situadas en el centro de cada parcela elemental. Las plantas se cortaron a una altura de 12 cm de la base, y posteriormente se registró la altura de la planta. Del total de plantas cosechadas, se dividió en dos partes, una destinada al picado y posterior muestreo de la planta entera y la otra, a la separación manual de la inflorescencia (panícula) y de la parte vegetativa constituida por el tallo y las hojas. Cada fracción fue pesada y troceada por separado en una picadora de forrajes VIKING, al igual que la PE y, por cuarteos sucesivos, se tomó una alícuota de aproximadamente 1000 g, que fueron secadas a 80 °C durante 16 h en estufa de aire forzado de gran capacidad siendo determinado su contenido en materia seca (MS) y posteriormente molidas a 1 mm en molino de martillos. La composición química de las muestras se estimó mediante espectroscopía de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIRS), utilizando las calibraciones desarrolladas en el CIAM para la estimación de los contenidos en materia orgánica (MO), proteína bruta (PB), fibra neutro detergente (FND), fibra ácido detergente (FAD), carbohidratos solubles en agua (CSA) y almidón (ALM) de la planta de sorgo.

Dentro de cada zona (regada y no regada), las variedades se distribuyeron en un diseño de bloques completamente aleatorizados, con cuatro repeticiones. El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA considerando la disponibilidad de agua (regadío vs. seco) y la variedad como factores fijos y la repetición como factor aleatorio. La comparación de medias se realizó a través del test HSD de Tukey, utilizando el procedimiento PROC GLM de SAS (SAS Institute, 2009).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la temperatura media y la precipitación acumulada mensual en el período de julio a octubre, comparada con los valores medios de 40 años para la zona. Como puede observarse, el cultivo se realizó en condiciones de temperatura semejantes a la media pero con una pluviometría acumulada que no llegó al 30% de los valores normales. Durante el desarrollo del cultivo no se observaron problemas de encamado, malas hierbas, plagas y enfermedades ni ataques de pájaros, si bien aparecieron algunas plantas tumbadas por efecto del hozado del jabalí, no apreciándose que los animales se alimentaran del forraje caído.

**Tabla 1.** Valores de temperatura media y precipitación acumulada mensual en Pobra de Brollón en 2016 y medias para la zona

		Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Período ensayo
Temperatura media (°C)	2016	21,2	21,0	18,3	13,7	18,6
	Media	20,7	20,6	18,3	14,1	18,4
Precipitación (mm)	2016	2,0	13,2	33,0	26,8	75,0
	Media	40,9	32,2	64,7	117,9	255,7

El intervalo siembra-cosecha fue de 103 días para la variedad más precoz (AS), de 124 para AL y de 132 para PR, siendo recolectadas las variedades, respectivamente, el 4 de octubre, el 25 de octubre y el 2 de noviembre. La cosecha del cultivo en fechas avanzadas para las variedades más tardías presenta un mayor riesgo de encontrar complicaciones en la entrada al terreno con la maquinaria debido a la mayor ocurrencia de precipitaciones conforme avanza el otoño.

La Tabla 2 muestra los resultados relativos porcentaje de panícula en la biomasa total, altura de la planta, rendimiento y composición química de la planta entera. Como media de las tres variedades, las plantas cultivadas en ausencia de riego mostraron una menor altura (92,7 vs. 139,3 cm), menor porcentaje de panícula en la biomasa total (42,2 vs. 50,6 %) y un rendimiento por hectárea de

aproximadamente la mitad del observado para el regadío (5493 vs 10 775 kg MS ha<sup>-1</sup> y 389 vs 745 kg PB ha<sup>-1</sup>, respectivamente).

En secanos de la zona atlántica gallega, con una precipitación total de 122 mm entre los meses de julio a octubre, Resch *et al.* (2013) citan valores en el rango de 4575 a 8420 kg MS ha<sup>-1</sup> para el rendimiento de 5 variedades de sorgo sembradas a finales de junio y cosechadas a finales de octubre, que pueden considerarse como intermedios entre los observados en el presente trabajo para el cultivo en seco y en regadío. Los resultados concuerdan, en líneas generales, con los mencionados en la bibliografía que indican que aunque el sorgo es una planta adaptada a ambientes secos, tiene una buena respuesta productiva al riego.

En Italia, Barbanti *et al.* (2015) indicaron que el déficit hídrico en el cultivo de sorgo disminuyó la altura de la planta y ocasionó una reducción del 70% en el rendimiento. En condiciones de irrigación moderada y baja, Jahanzad *et al.* (2013) observaron una reducción del rendimiento de MS del 20 y 34 % comparado con el cultivo que recibió una irrigación óptima.

**Tabla 2.** Efecto de la disponibilidad de agua y de la variedad sobre la altura de la planta, producción y composición química de la planta entera de sorgo

	Disponibilidad de agua (DA)			Variedad (VAR)				dms
	Regadío	Secano	P	Ascoli	Alfa	PR84F	P	
n	12	12		8	8	8		
Altura planta, cm	139,3	92,7	**	79,7 <sup>c</sup>	96,2 <sup>b</sup>	172,0 <sup>a</sup>	***	15,5
Panícula (% MS total)	50,6	42,2	*	56,4 <sup>b</sup>	51,7 <sup>b</sup>	31,0 <sup>a</sup>	***	9,6
kg MS ha <sup>-1</sup>	10775	5493	**	5798	7147	11457	**	2708
kg PB ha <sup>-1</sup>	745	389	**	481	561	659	ns	326
MS	28,9	30,0	+	31,5 <sup>a</sup>	28,2 <sup>a</sup>	28,6 <sup>b</sup>	*	2,4
MO	95,9	94,8	**	95,3 <sup>b</sup>	95,1 <sup>b</sup>	95,7 <sup>a</sup>	*	0,4
PB	7,1	7,0	ns	7,7 <sup>a</sup>	7,8 <sup>a</sup>	5,9 <sup>b</sup>	*	1,8
FND	49,9	52,9	**	49,4 <sup>b</sup>	49,6 <sup>b</sup>	55,4 <sup>a</sup>	**	3,6
FAD	26,4	28,1	*	25,1 <sup>b</sup>	27,3 <sup>ab</sup>	29,2 <sup>a</sup>	*	2,7
CSA	12,7	15,1	**	9,5 <sup>b</sup>	12,7 <sup>b</sup>	19,5 <sup>a</sup>	***	3,6
ALM	20,2	12,1	**	23,8 <sup>a</sup>	15,1 <sup>b</sup>	9,6 <sup>b</sup>	**	6,5

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (% MS); AMD: almidón (% MS); p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo; +: p<0,10; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001); dms.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma línea para el factor Variedad

La planta de sorgo sometida a estrés hídrico, en comparación con el tratamiento irrigado, mostró un contenido ligeramente superior de MS (28,9 vs 30,0 %), mayor contenido en fibra (FND: 49,9 vs 52,9 % MS; FAD: 26,4 vs 28,1 % MS) y azúcares (CSA: 12,7 vs 15,1 % MS) y un menor contenido en MO (94,8 vs 95,9 % MS) y ALM (12,1 vs 20,2 % MS) mientras que el contenido en PB (7,1 y 7,0 % MS) no se vio afectado por la disponibilidad de agua. El aumento del contenido en azúcares observado en las plantas no regadas se atribuye al ajuste osmótico necesario a nivel celular para mantener la turgencia celular (Bodner *et al.*, 2015), mientras que el menor porcentaje de panícula del cultivo en seco explica la menor concentración de almidón en la planta entera.

Las variedades de grano AS y AL mostraron un mayor porcentaje de panícula y menor talla comparado con la forrajera PR. Confirmando las observaciones que relacionan una mayor altura de la planta de sorgo con rendimientos más elevados, la producción media de PR (11 457 kg MS ha<sup>-1</sup>) fue un 60 % superior a la de AL y un 97 % superior a la de AS.

Las diferencias en el rendimiento de proteína siguieron la misma tendencia, pero no alcanzaron significación estadística (p>0,05) toda vez que las variedades de grano mostraron contenidos en PB

superiores a la de la variedad forrajera, con valores medios (en % MS) de 7,7 para AS, 7,8 para AL y 5,9 para PR. La variedad de grano más precoz (AS) mostró, comparada con PR, un superior contenido en MS (31,5 vs 28,6 %) y una concentración superior de ALM (23,8 vs 9,6 % MS), mientras que las de MO (95,3 vs 95,7 % MS), FND (49,4 vs 55,4 % MS), FAD (25,1 vs 29,2 % MS) y CSA (9,5 vs 19,5 % MS) fueron inferiores. La variedad de grano AL mostró valores intermedios entre ambas, salvo para el contenido en MS, ligeramente inferior al de la variedad forrajera.

**Tabla 3.** Interacción entre la disponibilidad de agua y la variedad sobre la producción y composición química de la planta entera de sorgo

Variedad (VAR)	Ascoli		Alfa		PR849F		P	dms	
	Disponibilidad de agua (DA)	Regadío	Secano	Regadío	Secano	Regadío			Secano
n		4	4	4	4	4			
Altura planta, cm		89,9	69,6	111,7	80,8	216,4	127,7	*	37,8
Panícula (% MS total)		65,2	47,7	54,4	49,1	32,1	29,9	*	11,4
kg MS ha <sup>-1</sup>		8092	3504	9411	4882	14821	8092	ns	-
kg PB ha <sup>-1</sup>		726	236	735	386	773	545	ns	-
MS		31,9	31,0	27,1	29,3	27,6	29,7	ns	-
MO		96,3	94,3	95,3	94,8	96,1	95,3	**	0,7
PB		8,6	6,7	7,6	7,9	5,1	6,8	ns	-
FND		46,2	52,5	49,1	50,0	54,5	56,2	ns	-
FAD		22,6	27,6	27,5	27,1	29,0	29,4	ns	-
CSA		6,2	12,8	11,5	13,9	20,4	18,5	*	4,9
ALM		32,5	15,2	16,8	13,4	11,5	7,7	ns	-

MS: materia seca (%); MO: materia orgánica (% MS); PB: proteína bruta (% MS); FND: fibra neutro detergente (% MS); FAD: fibra ácido detergente (% MS); CSA: carbohidratos solubles en agua (% MS); AMD: almidón (% MS).

p: significación del test F en el ANOVA (ns: no significativo; +: p<0,10; \*: p<0,05; \*\*: p<0,01; \*\*\*: p<0,001).

dms.: diferencia mínima significativa entre dos medias de la misma línea dentro del mismo nivel de DA o de VAR

Se observa que la falta de agua causa una mayor reducción de la talla, del porcentaje de panícula y del contenido de almidón en las plantas de la variedad de grano más precoz, en comparación con las otras variedades. Por el contrario, no se observó significación para la interacción entre la disponibilidad de agua y la variedad para el rendimiento por hectárea, el contenido en MS, la concentración de PB, de fibra y de almidón de la planta, sugiriendo un comportamiento uniforme de las variedades en situación de secano y de regadío para estos parámetros.

En situación de secano húmedo en la zona de influencia atlántica de Galicia, Bande *et al.* (2015) citan rendimientos de 7987, 8170 y 8420 kg MS ha<sup>-1</sup> para las variedades AS, AL y PR, respectivamente. Se destaca que, mientras que el rendimiento de la variedad forrajera sin riego en el presente ensayo (8092 kg MS ha<sup>-1</sup>) alcanza valores comparables a los indicados por los anteriores autores, los de las variedades de grano AS y AL con 3504 y 4882 kg MS ha<sup>-1</sup> son claramente inferiores, lo que sería indicativo de una elevada plasticidad de la variedad forrajera a situaciones de diferente falta de humedad. A ello se une la excelente respuesta al riego de esta variedad, que llega a alcanzar 14 821 kg ha<sup>-1</sup> mientras las variedades de grano se sitúan, con 9411 kg ha<sup>-1</sup> para AL y 8092 kg ha<sup>-1</sup> para AS, a un nivel productivo muy inferior en condiciones de regadío.

El amplio rango en la respuesta productiva a la disponibilidad hídrica observado en las variedades evaluadas en este trabajo, concuerda con lo indicado por Asefa *et al.* (2010) acerca de la variación genotípica que existe en la tolerancia a la sequía entre híbridos de sorgo y refuerza la importancia de una adecuada evaluación varietal.

## CONCLUSIONES

En condiciones de secano del interior de Galicia, el cultivo de sorgo mostró una elevada respuesta productiva al incremento de la disponibilidad de agua, duplicando en regadío el rendimiento de MS observado en ausencia de riego. Las variedades de grano no presentan ninguna ventaja, desde el punto de vista de la productividad, comparadas con la variedad forrajera, cuyo cultivo parece el más recomendable para la zona tanto en secano como en regadío.

## AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos ATT 2016/106 de la Xunta de Galicia y RTA2012-00065-05-02 del INIA. Aurora Sainz Ramírez realizó una estancia en el CIAM en 2016 becada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología del Gobierno de México. Adrián Botana Fernández es beneficiario de un contrato predoctoral FPI-INIA.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Assefa Y., Staggenborg S.A. y Prasad V.P.V. (2010) Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. Online. *Crop Management* doi: 10.1094/CM-20101-1109-01-RV.

Bande M.J., Resch C. y Quintela M. (2015) Influencia del genotipo y la densidad de siembra en el rendimiento y valor nutritivo del sorgo forrajero en la zona costera de Galicia. En: Cifré J. *et al.* (Eds.) *Pastos y Forrajes en el Siglo XXI*, pp. 201-208. Palma de Mallorca, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

Barbanti L., Sher A., Di Girolamo G., Cirillo E. y Ansar M. (2015) Growth and physiological response of two biomass sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) genotypes bred for different environments, to contrasting levels of soil moisture. *Italian Journal of Agronomy*, 10, 208-214.

Bodner G., Nakhforoosh A. y Kaul H.P. (2015) Management of crop water under drought: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(2), 401-442.

Farré I. y Faci J.M. (2006) Comparative response of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) to deficit irrigation in a Mediterranean environment. *Agricultural Water Management*, 83, 135-143.

Fernández-Lorenzo B., Flores G, Botana A., Resch C., Dagnac T., Veiga M., Pereira S. y Lorenzana R. (2016). Estructura productiva y sistemas de alimentación de las explotaciones lecheras de Galicia. *Afriga*, 124, 98-113.

Jahanzad E., Jorat M., Moghadam H., Sadegpour A., Chahichi M.R. y Dashtaki M. (2013) Response of a new and commonly grown forage shorgum cultivar to limited irrigation and planting density. *Agricultural Water Management*, 117, 62-69.

Resch C., Bande-Castro M.J., Pereira-Crespo S., Fernández-Lorenzo B. y Flores G. (2013). Evaluación de variedades comerciales de sorgo forrajero en siembras tardías en la Galicia Atlántica: I. Rendimiento en materia seca. En: Olea L. *et al* (Eds). *Los Pastos: nuevos retos, nuevas oportunidades*, pp. 147-154. Badajoz, España: Sociedad Española para el Estudio de los Pastos.

SAS INSTITUTE (2009) SAS/STAT User's Guide, V.9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.