



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

## Variedades e híbridos forrajeros en Sorgo

Luis María Giorda

### INTRODUCCION

Los sorgos forrajeros constituyen una alternativa viable, en los distintos sistemas de producción de carne y leche, por su adaptación y mejor respuesta en sistemas productivos de baja sustentabilidad, además de su capacidad de recuperar estos suelos degradados, aportar positivamente al balance de carbono y mejorar la calidad física del mismo (Giorda, L.M. 2017). El sorgo con mayor capacidad para soportar estas condiciones edafoclimáticas limitantes, ofrece una oferta de forraje más estable frente a una demanda determinada de la ganadería, en términos de energía, asegurando volumen y calidad del mismo, favoreciendo el incremento de la productividad ganadera y su intensificación.

La complementación de las pasturas (y/o silajes de maíz) con sorgo juega un rol preponderante y más aún considerando que el sorgo puede utilizarse de diferentes maneras y que existen cultivares para cada utilización que permiten, a través de un correcto manejo y elección del cultivar, la optimización de este cultivo con rentabilidad.

SORGO presenta además una gran variabilidad genética que permite la producción de diferentes tipos de sorgo para cada utilización (ideotipo), debiéndose elegir el cultivar específico para cada sistema productivo y ambiente; la correcta elección de la variedad junto a un manejo adecuado de la misma, favorecerán la optimización del cultivo con rentabilidad.

Pueden sintetizarse los siguientes grupos o “morfotipos” de sorgo (*Sorghum* spp.) que presentan diferentes características morfológicas de la planta, de utilización y de producción, como sigue: Graníferos (*Sorghum bicolor* (L.) Moench): son de alto índice de cosecha, tallos gruesos, hojas anchas, con muy pobre rebrote y hasta 1,90 m de altura aproximadamente, lo que facilita la cosecha de grano; incluye los de doble propósitos (DP) que son los graníferos de ciclo largo (pueden usarse como grano o forraje). Según la calidad de biomasa y grano, se usan en agroindustria, alimentación humana y animal, en este caso fundamentalmente como silaje. Forrajeros: usados para alimentación animal de distinta manera: pastoreo, diferido y reserva- utilizando la planta entera (biomasa), panoja o grano. También pueden usarse para bioenergía, en caso de materiales de más alta productividad de biomasa y en proceso húmedos para biogas (silaje para biodigestores); en forma directa o como cosustrato (sileros). Se menciona:



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

Sileros: son de tipo granífero de tallos grueso, hojas anchas con altura  $\geq 2$  m y con mayor productividad en materia seca por hectárea, en general (según genotipo), baja capacidad de macollaje y recuperación luego del corte en relación a los tipo sudan y sorgo x sudan. Sudan: (“sudangrass”) *Sorghum bicolor* (L.) Moench nothosubsp. *drummondii* (Steud.) de Wet ex Davidse (sinonimia: *Sorghum sudanense* (Piper) Stapf). Se caracteriza por presentar tallos finos y panoja laxa, alta capacidad de rebrote, con cariopse cubierto totalmente por las glumas, hojas mas angostas, alta capacidad de macollaje y en general con un crecimiento más rápido después del pastoreo o corte; se utiliza como pastoreo directo y es excelente para heno. Sorgo x Sudan (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) x *S. sudanense* (Piper) Stapf : son híbridos de línea androestéril (simple o híbrida) tipo granífera, por línea parental restauradora (“R”) sudán, con tallos finos o más gruesos según densidad de siembra, con altura  $> 2$  m, menor capacidad de macollaje que los sudanes y de mayor rendimiento potencial; que puede ser usado como pastoreo directo, silaje (según manejo, ambiente y necesidades de utilización) y eventualmente como heno (con alta densidad de siembra para permitir tallos finos que facilita el secado).

Ambos tipos de sorgo (graníferos o forrajeros), se desarrollan con o sin contenido de azúcar en tallo y/o característica bmr (menor contenido de lignina y mayor digestibilidad), y presentan distintos color de planta y grano, ya que son caracteres independientes.

Azucarados: se refiere a genotipos que acumulan azúcares solubles fundamentalmente en el tallo (17-23 oBrix), muy bajo índice de cosecha, tallos más gruesos que los graníferos y sileros y altura mayor a 3 m, pudiendo llegar a 5-6 m, según ambiente y fertilización. Se originan de un grupo taxonómico diferente a los anteriores y se han desarrollado fundamentalmente para su uso en bioenergía, pero pueden usarse en alimentación animal como corte o pastoreo, con un manejo según sistema de producción. Fotosensitivos : no florecen en las latitudes  $>250$  aproximadamente, de la región sorguera argentina (en condiciones de campo, continua el crecimiento vegetativo hasta que la longitud del día sea 12 hs,20 min). Seis genes de maduración fueron identificados, siendo los Ma 5 y Ma 6 los más sensibles al fotoperíodo (Morgan et al, 2002). A pesar que la demora en la floración (170 a 190 días) favorece el mantenimiento de la calidad del forraje, la baja digestibilidad en general y alto contenido de fibra limitó/limita su aplicación. Sin embargo, han sido mejorados para alimentación animal incorporándoles las características bmr y/o azúcar en tallo, que les da mayor digestibilidad y palatabilidad. La velocidad de rebrote es menor que los sorgos tipo sudan .Pueden tener o no la característica bmr, y azúcar en tallo. Se usan principalmente para pastoreo y corte.

Se están mejorando para su uso en bioenergía, incluso adaptándolos como biomasa lignocelulósica (darle mayor contenido de fibra y otras características agroindustriales específicas) en cuyo caso se incluye en cultivos energéticos. Energéticos: tipos de sorgos, mejorados genéticamente para su uso como biomasa lignocelulósica, para su conversión



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

específica en biocombustibles (biogas, bioetanol según proceso).

No obstante este agrupamiento, dentro de los diferentes morfotipos, existe una gran variación entre híbridos, por lo que es importante que la decisión de selección del material, se base en distintos aspectos como calidad y productividad de biomasa/grano según su destino de utilización específica y proceso, sistema de producción y ambiente, considerando ideotipos que se adapten mejor a cada situación.

## **SORGOS FORRAJEROS SUDAN e HÍBRIDOS DE SORGO X SUDAN , BMR**

El sorgo forrajero es una importante fuente de forraje anual que utiliza el agua de manera más eficiente, produce una mayor biomasa y proporciona un rendimiento aceptable o mayor bajo condiciones de deficiencias hídricas o limitaciones edafo-climáticas. Constituyen otro recurso de importancia que facilita la oferta de forraje favoreciendo el incremento de la productividad ganadera y su intensificación en distintos ambientes, empleado como complemento o en forma directa. Este tipo de uso permite a los productores una mayor flexibilidad en el manejo de sus recursos forrajeros.

Este tipo de sorgo forrajero (Fig.1) ha sido mejorado genéticamente incrementando la calidad de forraje, y la productividad de materia seca digestible por hectárea. Se ha incorporado características como nervadura marrón (bmr) -menor contenido de lignina- contenido de azúcar en tallo, ciclo vegetativo de mayor longitud (maduración tardía), alta capacidad de macollaje y rebrote, resistencia a vuelco físico de la caña, tolerancia a factores edafoclimáticos limitantes (sequía o exceso de precipitaciones, suelos salinos sódicos y/o alcalinos) y alta productividad, entre otros.



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID



Fig. 1. Incremento y ensayo de parcela de CALU INTA, sorgo sudán no-bmr. Criadero INTA EEA. Manfredi, Córdoba. Foto: Giorda, L.M.

Está bien documentado que la mutación asociada con el carácter nervadura marrón (bmr) resulta en una menor concentración de lignina (menor fibra) en hojas y tallos, con aumento en la digestibilidad y palatabilidad, en proporciones que depende del gen mutado introducido, de la base genética y del ambiente, factores que interactúan en la expresión de la productividad (forraje/grano) y digestibilidad.

La lignina se encuentra en la pared celular de las plantas y cumple un rol beneficioso en las estrategias adaptativas de las plantas pero ejerce un impacto negativo en la utilización de la biomasa en algunos aspectos agronómicos y/o agroindustriales. Es un compuesto fenólico que se une a la celulosa y hemicelulosa haciéndolos indigeribles. El contenido de lignina aumenta a medida que la planta madura, y si es demasiado alto, la digestibilidad de la pared celular se ve reducida.

En general los tipos de sorgo sudan e híbridos de sorgo x sudan, con característica bmr, promueven una mejor respuesta del animal, mayor aumento de peso en bovinos y mayor producción de leche por tonelada de alimento consumido en comparación con los tipos isogénicos (de idéntica base genética) no bmr. No obstante, la literatura es variada respecto al efecto de los distintos mutantes bmr en la productividad de biomasa y/grano. Se ha reportado que cultivares bmr rindieron menos en la mayoría de los años y que esta disminución fue



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

mayor bajo condiciones de estrés hídrico y térmico (Pedersen, 2005, A. L.; Oliver, et al., 2005). En Argentina, ensayos realizados por Giorda y Ortiz (2012) mostraron que las variedades de sorgo bmr, presentaron en general menor contenido de lignina y mayor digestibilidad que los sorgos isogénicos no-bmr, aunque una menor productividad expresada en MS (Kg/ha). A su vez, materiales con alto índice de cosecha y calidad de grano aún sin tener la característica bmr, resultaron también en elevados valores de MS y Digestibilidad.

La producción de biomasa (KgMS/ha) en las isolíneas bmr N609-bmr6 y N610-bmr12 disminuyó significativamente ( $p < 0.05$ ) respecto a la línea original RTx430 (wild type) siendo la N609 bmr6 la más afectada; la mayor digestibilidad de la biomasa correspondió a N610-bmr12 (isolínea de RTx430). A su vez se observó una disminución significativa en la productividad de biomasa de las isolíneas bmr N603, N604, respecto a BTx623. Estos resultados coinciden con los indicados por Yerka et al., (2015) quienes evaluaron los mismos híbridos no bmr con su correspondiente isolínea híbrida bmr, mediante pastoreo y posterior toma de rendimiento de grano; se observó un 6% disminución en el BMR respecto al híbrido común, sin diferencia entre ambos en el contenido de la fibra detergente neutro, pero con mayor digestibilidad in vitro híbrido bmr que incluyó RTx430 bmr. Observaciones similares fueron indicados también por Schwartz, et al. (2008).

En evaluaciones realizadas en el Criadero de Sorgo, INTA EEA Manfredi-Córdoba estos efectos negativos sobre productividad de biomasa, no fueron uniformes entre híbridos forrajeros experimentales desarrollados con distintas bases genéticas por Giorda, L.M. (comunicación personal), usando los mutantes bmr6 y bmr12. Esto indicaría la importancia de la base genética sobre la interacción con los genes mutados bmr y la necesidad de seleccionar combinaciones heteróticas.

Estos resultados coinciden con los observados por distintos autores quienes indicaron que la reducción de los rendimientos de grano y forraje de algunos híbridos de sorgo bmr han sido superados a través del mejoramiento genético que incluyó la introgresión de los alelos de bmr en variedades mejoradas y el uso de heterosis en híbridos (Oliver et al. 2005b; Sattler et al., 2010a). Se destaca que la presencia del síntoma de color marrón de la nervadura central de la hoja y base del tallo no es garantía del efecto sobre la disminución de lignina.

Los tipos Sudan e híbridos de Sorgo x Sudan representan morfotipos distintos dentro del género *Sorghum* y poseen diferentes modos de utilización principal. Estos pueden ser de dos o tres líneas, empleando líneas androestériles (línea parental "hembra") simples o híbridas constituidas por variedades graníferas y/o tipo azucarado, cruzadas por línea recuperadora de fertilidad ("R") sudán o tipo sudan. Estas diferentes combinaciones genéticas que a su vez pueden tener el mismo o diferente mutante bmr introgresado en cada línea (ie. bmr6 o bmr 12) junto con el manejo del cultivo e interacción ambiental, van a influir en las características agronómicas del forraje, productividad, calidad y respuesta animal.



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

Los sorgos sudan o tipo sudan están mejor adaptados, en general, para la producción de heno y responden de manera más favorable a los sistemas intensivos de pastoreo rotacional; a su vez los híbridos de sorgo x sudan, se adaptan mejor al silaje (según variedad y manejo); también al pastoreo directo aunque el rebrote o la recuperación rápida es menor que en los sudanes (por el aporte genético del granífero y su proporción), no así en la productividad de su biomasa.

Estos conceptos son generales y la respuesta va a depender del fondo genético de cada material que hace a la calidad de la biomasa y grano, asociada a otros factores y al ciclo: los más precoces tienden a crecer y rebrotar más rápido y este crecimiento podría determinar una menor producción final y un deterioro más precoz de la calidad forrajera, fundamentalmente en los materiales de mayor contenido de lignina; esto último va a depender del gen bmr introducido y su efecto en la disminución de la lignina.

Con el objetivo de continuar evaluando los nuevos desarrollos forrajeros bajo las condiciones ambientales de Manfredi, además de otras localidades y a su vez observar la respuesta de los mismos a distintos manejos en densidad y momento de corte se implantaron en el Criadero de la EEA. Manfredi distintos ensayos. Se emplearon 4 nuevas líneas y variedades sudán bmr seleccionadas de ensayos anteriores y 3 nuevos híbridos experimentales bmr sorgo x sudan con dos testigos comerciales no bmr, Kuntur INTA Pemán y la variedad CALU INTA sudan. El manejo de estos ensayos no necesariamente responde a las condiciones óptimas que debería aplicarse, sino que justamente se implantaron para investigar la respuesta a situaciones distintas y/o extremas a las mismas y analizar el potencial que expresan; además para evaluar su uso como silaje y pastoreo directo/heno.



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

Se implantaron en diferentes fechas de siembra (17/11/17; 07/12/17; 15/01/18; 25/01/18) en un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones, siendo la unidad experimental, 6 surcos de 5 m por 0,70 o 0,35 cm según el ensayo. Fig.2.



Fig.2. Ensayos de variedades e híbridos forrajeros implantados el 17/11/17 en el Criadero de la EEA. Manfredi-INTA, Córdoba. Foto: Giorda, L.M.

La implantación se hizo sin fertilizantes y sin riego, en un terreno con antecesor soja realizada en siembra directa. Se hizo un barbecho químico aplicando 3 litros/ha de glifosato al 60.8%. En postemergencia se aplicó 1,5 l/ha atrazina al 50%. Para el control de insectos de planta y panoja se utilizó cipermetrina a razón de 1,5 l/ha. El suelo en que fue implantado el ensayo corresponde a un Haplustol Típico, Serie Oncativo, de textura franco limosa, de estructura débil, con planchado superficial. El ph es de 6,5 en la capa arable con un contenido de materia orgánica del 2% y bien provisto de nutrientes (N,P,K).

Se tomaron datos agronómicos, de fenología y sanidad, además de azúcar en tallos y productividad de biomasa en materia verde y seca. Las muestras para evaluar la calidad de la biomasa aún se están procesando. Según el ensayo planteado se hicieron cortes al estado vegetativo, lechoso o madurez y uno o dos cortes de los rebrotes, dependiendo de la fecha de



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

siembra, hasta la primera helada. La emergencia tuvo lugar entre 5 a 7 días de la siembra. Se sintetizan a continuación, algunos de los ensayos realizados con la metodología correspondiente.

## Ensayo 1

Se implantaron el 17/11/17 las variedades sudan CALU INTA (no bmr), COREL bmr INTA, los híbridos sorgo x sudán KUNTUR INTA PEMAN(no bmr) y PARU bmr INTA en parcelas de 0,35 y 0,70, respetando las aleatorizaciones correspondientes. Se realizaron cortes el 6/02/18 (74 días de emergencia en estado lechoso/pastoso) y el 22/05 (85 días del 1er corte en floración/lechoso). No se detectaron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ) en MV ni MS entre los dos híbridos tanto a 35 como a 70, con mayores valores correspondiendo a la mayor densidad de plantas obtenidas al acercarse a los surcos (39 tn/ha de MS promedio de ambos híbridos a 35 cm vs 28,3 t/ha en surcos a 70 cm; significativo a  $p \leq 0.05$ ). La altura del híbrido no bmr es mayor (2,70 m) respecto a PARU bmr INTA con 2,40 promedio; los rebrotes no variaron de manera significativa en altura para ambos híbridos, siendo 1,45 m a 35 cm y 1,60 m en surcos a 70 cm.

Resultados similares se observaron para las variedades sudan COREL bmr INTA y CALU INTA no bmr, implantadas a 35 cm entre surcos, con mayores valores para la primera variedad (25.3 t/h de MS vs 19.6 t/h respectivamente;  $p \leq 0.10$ )

Es importante destacar que a pesar de tener 40 a 50 cm menor de altura el híbrido bmr, tenga un rendimiento similar o mayor al no bmr, ofreciendo mayor calidad de biomasa y grano. Otra característica importante es que no se observó vuelco en las últimas dos campañas, una con exceso de lluvias y otra con déficit, manteniéndose vigoroso y verde hasta las primeras heladas. Similar situación se dio entre las variedades sudan bmr.

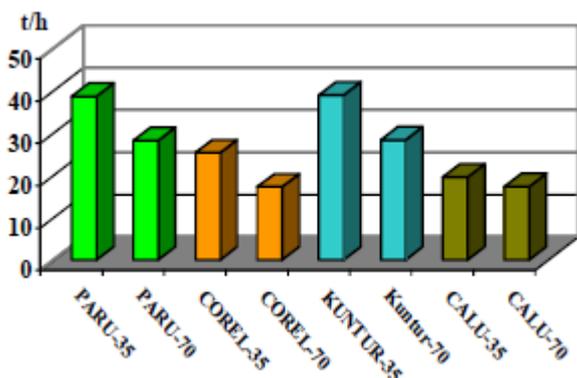


Fig.3. Rendimiento materia seca acumulada (MS) en toneladas por hectárea (t/ha), de dos cortes al 06/02/18 y 22/05/18, de híbridos forrajeros sorgo x sudan PARU bmr INTA y KUNTUR INTA y dos variedades sudanes bmr, COREL bmr INTA y no bmr CALU INTA, en fecha de



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

siembras del 17/11/17 de ensayos a 35 cm y 70 cm entre surcos implantados en el Criadero EEA.Manfredi, INTA. Campaña 2017/18.

A su vez, considerando el híbrido PARU bmr INTA en las dos densidades (70 cm y 35 cm) con distintas fechas implantadas: 17/11/17; 7/12/18 y 25/01/18 para 70 cm (Fig.4) y 17/11/17 y 15/01/18 para 35 cm (Fig.5), con dos cortes. Se destacan los altos valores de MV y MS observados en los dos casos en las distintas fechas, pero significativamente mayores para la siembra a 35 cm con mayor densidad (Fig.5) (38,6 t/ha a 17,6 t/ha de MS) respecto a las de 70 cm (28,26 a 14,06) (Fig.4). Como dato adicional, se destaca la posibilidad de uso no sólo como pastoreo directo o heno sino también como silaje, a densidades menores, considerando que en siembra del 17/11/17 se obtuvo a cosecha (14/06/18) un rendimiento de grano (14% humedad) de 5.1 t/h, en siembras a 70 cm (26 pl/m<sup>2</sup>), y 9.8 t/ha de rendimiento de grano a 35 cm (promedio de 45 pl/m<sup>2</sup>).

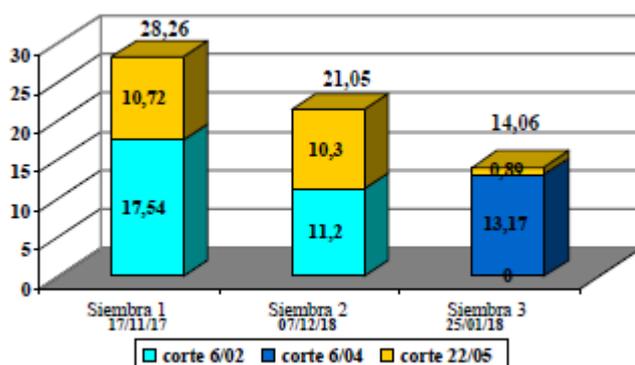


Fig.4. Rendimiento de materia seca (MS) en toneladas por hectárea (t/ha) del híbrido forrajero, sorgo x sudan PARU bmr INTA, valores comparativos en siembras de ensayos a 70 cm con tres fechas de siembra del 17/11/17, 07/12/18 y 25/01/18. Criadero EEA.Manfredi, INTA. Campaña 2017/18.

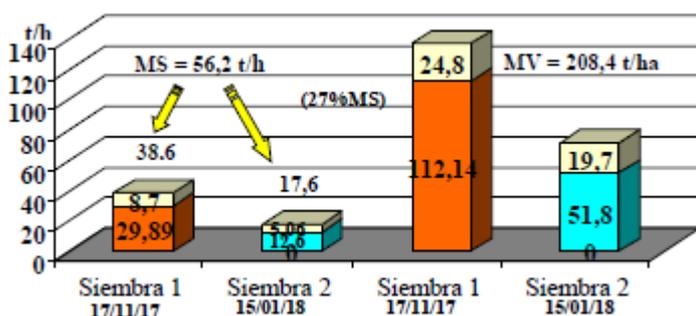


Fig.5. Rendimiento de materia verde (MV) y materia seca (MS) en toneladas por hectárea (t/ha) del híbrido forraje sorgo x sudan PARU bmr INTA implantado en dos fecha de siembras : 17/11/17 y 15/01/18, con cortes del 06/02, 01/03 y 22/05, en ensayos a 35 cm en el Criadero



# SUSTENTOLOGÍA

XXVI CONGRESO AAPRESID

EEA.Manfredi, INTA. Campaña 2017/18.

## COMENTARIOS FINALES

La utilización del sorgo a través de este tipo de variedades sudan/tipo sudán e híbridos SorgoXsudan, es otro recurso de importancia que facilita la oferta de forraje como pastoreo directo/heno, silaje y diferido según sistema de producción, necesidades y manejo del cultivo fundamentalmente densidad y fecha de siembra (además de los aspectos de fertilización e implantación). El uso de altas densidades favorece una rápida cobertura, compitiendo con la maleza y favoreciendo el mantenimiento del stock de plantas ante el pastoreo o corte. Asimismo, no debe olvidarse el manejo del rodeo y de estos materiales y otros tipos de sorgos cuando se pastorean, por la posible producción de HCN en caso de plantas sometidas a estrés hídricos o heladas, favorecido por altas dosis de N. Los materiales forrajeros presentes en el mercado argentino, tienen un alto potencial de rendimiento (grano y/o biomasa), por lo que con un correcto manejo agronómico, sumado al manejo del rodeo, se puede obtener una mejor respuesta, logrando una mayor rentabilidad con sistemas productivos sustentables.