



Original

Efecto de la suplementación con granos secos de destilería (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en vacunos pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum spp*)

Effect of Supplementation Using Distillers Dried Grains (DDGS) on *in situ* Ruminal Fermentation by Cattle Grazing on Forage Sorghum (*Sorghum spp*)

Dainelis Casanova ^{*ID}, Alvaro Simeone ^{**ID}, Virginia Beretta ^{**ID}, Oscar Bentancur ^{**ID}, Matias Tagliani ^{**ID}, Mauro Taño ^{**ID}

*Instituto de Ciencia Animal (ICA), Cuba.

**Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay.

Correspondencia: dcdainelis@gmail.com; dcasanova@ica.co.cu

Recibido: Mayo, 2023; Aceptado: Agosto, 2023; Publicado: Octubre, 2023.

RESUMEN

Objetivo. Evaluar el efecto de la suplementación con granos secos de destilería más solubles (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en vacunos pastoreando sorgo forrajero. **Materiales y métodos:** Cuatro novillos Hereford (793 ± 73 kg peso vivo) provistos de cánula ruminal pastoreando sorgo forrajero con encierro diurno y sombra artificial fueron asignados al azar en diseño *crossover* a dos tratamientos: sin suplemento (SS) y suplementados (CS), con DDGS. El diseño experimental comprendió dos períodos de 14 días (10 transición entre dietas; 4 de mediciones). **Resultados:** La suplementación no afectó el consumo de MS de forraje ($P > 0,05$), pero sí aumentó el consumo total ($P < 0,05$). El tratamiento CS presentó menor pH ruminal (6,17 vs. 6,55; $P < 0,05$) y mayor concentración N_{NH₄} ($P < 0,05$). La degradabilidad efectiva de la MS fue 51,25% sin diferencias entre tratamientos ($P > 0,05$), mientras que la degradabilidad efectiva de la FDN fue menor CS ($P < 0,05$). La digestibilidad de la MS (65,75 vs 60,75%) y de la FDN (68,50 vs 62,50%) fue menor CS. **Conclusión:** La suplementación con DDGS disminuyó el pH ruminal y aumentó las concentraciones de N_{NH₄}, disminuyendo la degradabilidad efectiva de la fibra y la digestibilidad de la MS y FDN.

Palabras clave: DDGS, novillos, suplementación (*Fuente: AGROVOC*)

Como citar (APA)

Casanova, D., Simeone, A., Beretta, V., Bentancur, O., Tagliani, M., & Taño, M. (2023). Efecto de la suplementación con granos secos de destilería (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en vacunos pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum spp*). *Revista de Producción Animal*, 35(3). <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4562>



©El (los) autor (es), Revista de Producción Animal 2020. Este artículo se distribuye bajo los términos de la licencia internacional Attribution-NonCommercial 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), asumida por las colecciones de revistas científicas de acceso abierto, según lo recomendado por la Declaración de Budapest, la que puede consultarse en: Budapest Open Access Initiative's definition of Open Access.

ABSTRACT

Aim. To evaluate the effect of supplementation with distillers dried grains (DDGS) on *in situ* ruminal fermentation parameters by cattle grazing on forage sorghum. **Materials and methods:** Four Hereford heifers (793 ± 73 kg live weight) using a ruminal cannula, grazing on forage sorghum, with day-in enclosure and artificial shade, were part of a randomized crossover design study with two treatments: without supplementation (WOS) and with supplementation (WS), fed on DDGS. The experimental design comprised two 14-day periods (10 days for diet transition, and 4 days for measurements). **Results:** Supplementation did not affect DM consumption ($P > 0.05$), though it increased total consumption ($P < 0.05$). The WS treatment caused lower ruminal pH (6.17 vs. 6.55; $P < 0.05$), and greater N_{NH_4} concentration ($P < 0.05$). The effective degradability of DM was 51.25%, the same as the other treatment ($P > 0.05$), whereas the effective NDF was lower in the WS treatment ($P < 0.05$). DM digestibility in WS was lower (65.75 vs. 60.75%), whereas NDF digestibility was 68.50 vs. 62.50%. **Conclusion:** DDGS supplementation decreased ruminal pH and raised N_{NH_4} concentrations, reducing the fiber's effective degradability of DM and NDF.

Keywords: DDGS, heifers, supplementation (Source: AGROVOC)

INTRODUCCIÓN

El sorgo forrajero (*Sorghum* spp), ofrece a los sistemas ganaderos durante el verano, alta producción de forraje en corto período de tiempo por ser una especie C4, adaptada al déficit hídrico y elevadas temperaturas (Moyano et al., 2021)). Sin embargo, estas pasturas presentan bajo contenido de proteína y alto contenido de fibra (Vargas, 2005 y Murray et al., 2010) que podría ser una limitante nutricional para el ganado en desarrollo (Aduli et al., 2022)). La suplementación como alternativa podría levantar las restricciones nutricionales de la pastura, permitiría incrementar las ganancias de peso vivo y mejorar la eficiencia de conversión del alimento.

Los suplementos comúnmente utilizados son con base de granos. Estos, se caracterizan por presentar alto contenido de almidón, que, a nivel ruminal, elevan las producciones de ácidos grasos volátiles, disminuyendo el pH ruminal con menor captación y utilización del nitrógeno (Raposo et al., 2015; Chibisa et al., 2016), lo que podría disminuir la degradabilidad de la fibra (Firkins, 1996) del forraje.

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son el subproducto de la industria del etanol que se obtiene a partir de la molienda, hidrólisis y fermentación del almidón provenientes de los granos (Liu, 2011; Aristizabal, 2016). Se caracterizan por presentar alto contenido de proteína, energía (30,9% PC, 3,2 EM Mcal/ kg) (BCNRM, 2016) y fibra de alta digestibilidad (Westreicher-Kristen et al., 2013; De Boever et al., 2014). Son escasos los trabajos que evalúen el efecto de este suplemento sobre la degradabilidad y digestibilidad de la fibra y la materia seca (MS) del sorgo forrajero. El trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con granos secos de destilería con solubles (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en animales pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum* spp).

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en el Litoral Oeste de Uruguay (32,5° latitud sur, 58° longitud oeste), desde el 30/1/19 hasta el 26/2/19, en 6 ha de sorgo forrajero (híbrido ADV 2800; 5959 ± 420 kg MS/ha, 91 ± 45,2 cm de altura), sembradas el 1/12/2018 a razón de 25 kg/ha con 60 kg/ha de fertilizante (18-46-0).

Animales, tratamientos y diseño experimental

Cuatro novillos Hereford (793 ± 73 kg PV) provistos de cánula ruminal (silicona de 4 pulgadas; KEHL®) pastoreando sorgo forrajero con encierro diurno y sombra artificial (10:00 h a 16:00 h) fueron asignados al azar en diseño *crossover* a dos tratamientos: sin suplemento (SS) y suplementados (CS), con DDGS (mezcla 40% maíz, 60% trigo) a razón de 1kg de MS cada 100 kg de PV. El diseño experimental comprendió dos períodos de 14 días (10 transición entre dietas; 4 de mediciones).

Manejo experimental

El pastoreo se realizó en parcelas independientes por animal con asignación de forraje de 8 kg de MS cada 100 kg de PV, el tiempo de ocupación de la parcela fue de 10 días durante la transición seguido de pastoreo en franjas diarias durante los 4 días de muestreos, en cada periodo. El cambio de franja se realizó en la mañana luego de la suplementación. El área de pastoreo fue delimitada por alambrado eléctrico.

La suplementación fue realizada a las 7:00 h en el comedero ubicado dentro de cada parcela de pastoreo, ajustándose la cantidad ofrecida de acuerdo al contenido de MS y al último PV. Entre las 10:00 h y 16:00 h eran retirados de la pastura hacia un área adyacente al área de pastoreo, delimitada por alambrado eléctrico provistos de bebedero con agua a voluntad y sombra artificial (malla 80% intercepción de la radiación solar; 2,75 m de altura; 3,5 m²/animal; orientación Este-Oeste).

Muestreo, mediciones en la pastura y suplemento

Se registró el PV cada 14 días. La biomasa de forraje disponible y residual se determinó mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw, 1975) y el marcado de una escala de tres puntos con dos repeticiones, evaluándose la pastura en 100 puntos al azar por parcela. Las muestras de la escala fueron recolectadas cortando al ras del suelo la biomasa comprendida en un cuadro de 0,3 x 0,3 m, colocadas posteriormente en estufa de aire forzado (60°C hasta peso constante) para la determinación de peso seco y conservadas para posteriores análisis.

El consumo de MS de forraje fue estimado a partir del forraje desaparecido en la parcela de pastoreo (Macon et al., 2003). El consumo de suplemento se registró diariamente como la diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada. Muestras de suplemento ofrecido y rechazado fueron colectadas en cada período y colocadas en estufa para determinar peso seco, y conservadas para posterior análisis químico.

Efecto de la suplementación con granos secos de destilería (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en vacunos pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum* spp)

En un día correspondiente a cada período de transición (finalizando el período) entre dietas, se caracterizó el comportamiento en pastoreo por observación directa registrando cada 20 minutos durante el periodo de horas luz (7:00 a 19:00 h) la actividad realizada (%): pastoreo (efectivo y de búsqueda), rumia, descanso acceso a comederos de suplementación y consumo de agua, estimándose la probabilidad de ocurrencia de cada actividad (Forbes, 1988). La tasa de bocado se estimó como número de bocados realizados en un minuto (Gregorini et al., 2007; Gregorini et al., 2009), en dos momentos: previo al cambio de parcela (sección de pastoreo de la mañana) y en primera sesión de pastoreo a la salida del encierro (sección de pastoreo de la tarde).

Parámetros de la fermentación ruminal y degradabilidad ruminal *in situ* de la MS y FDN

Se determinó la degradabilidad ruminal *in situ* (DEG) de la MS y FDN del forraje seleccionado por el animal y la degradabilidad efectiva (DE) considerando una tasa fija de pasaje de 5% (Orskov y McDonald, 1979). El forraje incubado fue seleccionado mediante la técnica de *hand clipping*, simulando el forraje seleccionado por el animal en el área donde iban a pastar (Coates y Penning, 2000). Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a 60 °C durante 48 h hasta peso constante, luego molidas a 1 mm en un molino WILEY MIL. Posteriormente se conformó una única muestra, la cual se secó en estufa a 105°C durante 24 h.

Una muestra seca del forraje fue colocada en cada bolsa de filtro previamente identificadas, a razón de 1,5 mg /cm² y posteriormente incubadas por duplicado (2 bolsas / tiempo) en el saco ventral del rumen, colocándose en forma simultánea a las 7:00 h antes de suplementar (0 h) del día 11 (primer día de medición) y retiradas luego de 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h. Una vez removidas del rumen fueron conservadas congeladas a -18°C. Finalizando el período experimental fueron lavadas en lavarropa convencional, secadas a 60°C por 48 horas (hasta peso constante) y luego pesadas. Las pérdidas de materia seca se calcularon como la diferencia de peso de las bolsas incubadas y expresadas como proporción del peso inicial.

Para determinar pH y amonio ruminal se procedió a extraer en el día 11, líquido ruminal directamente del saco ventral de rumen en las horas 0, 3, 6, 9, 12 y 24 h (la hora 0 corresponde al momento antes de suplementar) del día 11. Una vez extraído el líquido ruminal, se filtró, utilizando una tela de queso para eliminar los restos del contenido ruminal y se determinó el pH con pHmetro digital OAKLON. Posteriormente para determinar la concentración de amonio se diluyó 40 ml de líquido ruminal en 2 ml de ácido sulfúrico puro y se almacenó a -18°C hasta su posterior análisis en el laboratorio (Bremmer, 1960).

La digestibilidad aparente de la dieta (MS, MO y FDN) se estimó usando como marcador interno la concentración de cenizas insolubles en ácido (AIA) (Van Keulen y Young, 1977). Muestras de heces fueron recolectadas diariamente, una muestra/ animal/ día, en tres horarios diferente: 7:00; 12:00; 16:00 h, en los días 12, 13 y 14, respectivamente. Las muestras eran recolectadas frescas directamente del suelo, evitando la contaminación con restos de forraje o suelo, y congelando posteriormente las muestras a -18°C para conservación. Al finalizar el período se descongeló a temperatura ambiente y se combinaron en una muestra compuesta por animal y por período, posteriormente secadas en estufa (60°C por siete días). Muestras de forraje consumido fueron

recolectadas diariamente en los días 11, 12, y 13 mediante la técnica de *hand clipping* (Coates y Penning, 2000), simulando el pastoreo en el área adyacente a cada parcela pastoreada.

La digestibilidad de la materia seca (DMS), de la MO y de la FDN fueron calculadas de acuerdo con a las ecuaciones a continuación:

$$\text{DMS} = [1 - (\text{CMA} / \text{CMH})] * 100$$

donde CMA: concentración del marcador en el alimento y CMH la concentración del marcador en heces;

La digestibilidad de nutriente o fracción (Di):

$$\text{Di} = [100 * (\text{Y} - \text{X}) + \text{X} * \text{DMS}] / \text{y}$$

donde X e Y la concentración del “i” en heces y alimento, respectivamente.

Análisis químico

Sobre muestras compuestas de DDGS, forraje ofrecido y forraje incubado (una muestra/ período) se determinó el contenido de MS (método 934.01), materia orgánica (OM, método 942.05), proteína cruda (PC; $N \times 6,25$; método 984.13) y extracto etéreo (EE, método 920.39) según AOAC (1990) y AOAC (2007). El contenido de N insoluble en detergente ácido, FDN usando α -amilasa y corrigiendo por contaminación con cenizas (aFDNmo) y fibra detergente ácido (FDAmo) se determinó según Goering y Van Soest (1970). Las muestras de alimentos y heces tomadas para la estimación de la digestibilidad aparente fueron combinadas en una muestra por animal y por período determinándose MS, MO, aFDNmo, FDAmo y cenizas insolubles en ácido (Van Keulen y Young, 1977). En las muestras de residuo de incubación (una muestra compuesta por animal, por período y por tiempo de incubación) se determinó el contenido de MS y aFDNmo. Las muestras de líquido ruminal fueron analizadas para concentración de amonio ($\mu\text{gN-NH}_4/\text{ml}$) (AOAC, 2015; method 984.13).

Análisis estadístico

El experimento fue analizado mediante modelos lineales del paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, 2012) correspondiente a un diseño *crossover* tomando como unidad experimental al animal. Para determinar el efecto de los tratamientos sobre consumo, tasa de bocado, pH, amonio y digestibilidad se ajustó un modelo lineal de medidas repetidas utilizando el procedimiento MIXED. El comportamiento en pastoreo se analizó ajustando modelos lineales generalizados de medidas repetidas asumiendo una distribución binomial a través del procedimiento GLIMMIX.

Para la degradabilidad se ajustó el modelo de Orskov y McDonald (1979):

$$\text{Y}_i = \text{a} + \text{b} (1 - \exp^{-kt}) + \text{e}_i$$

donde: “Y_i” es la fracción desaparecida en “t” horas; “a” es la fracción soluble; “b” es la fracción lentamente degradable; “k” es la tasa de degradación de “b”; “e_i” es el error experimental.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se presenta el efecto de la suplementación sobre el consumo de materia seca y el comportamiento en pastoreo.

Tabla 1. Efecto de la suplementación con granos de destilería sobre el consumo de materia seca y comportamiento animal.

	Sin suplemento	Con suplemento	EE	P valor
CMSF (kg/d)	19,31	15,73	1,32	0,1145
CMSS (kg/d)	-	8,23	0,50	-
CMST (kg/d)	19,31	23,96	1,22	0,0430
Pastoreo diario (%)	41,0	36,0	1,0	0,0218
Rumia diaria (%)	27,0	26,0	3,0	0,8901
Descanso diario (%)	27,0	29,0	3,0	0,5759
Tasa bocado (boc/min)	12,38	12,25	0,37	0,8182

CMSF: Consumo de Materia Seca de Forraje (kg/a/d); CMSS: Consumo de Materia Seca de Suplemento (kg/a/d); CMST Consumo de Materia Seca de Total (kg/a/d); Actividad diaria (7:00 a 19:00 h); EE: Error Estándar.

Al igual que en los trabajos realizados por MacDonald et al. (2007), Isla y Soto-Navarro (2011) y Larson et al. (2019), la suplementación con DDGS no afectó el consumo de materia seca de forraje, pero sí aumentó el consumo de materia seca total diario. Los animales con suplemento presentaron menor actividad de pastoreo sin diferencias en las actividades de rumia, descanso, con igual tasa de bocado ($P > 0,05$). Pareciera ser que el DDGS fue capaz de cubrir Gregorini et al. (2009), Chilibroste et al. (2012) los requerimientos diarios de energía y proteína metabolizable, Di Marco y Aello (2001) con un menor gasto energético asociado a una menor actividad de cosecha.

En la Tabla 2 se muestra la composición química de los alimentos ofrecidos e incubados, así como de las dietas resultantes en cada tratamiento para el promedio del período experimental.

Tabla 2. Composición química del sorgo forrajero (disponible e incubado), DDGS y la dieta durante el período experimental.

Composición química (% en base seca)	Forraje ofrecido	Forraje Incubado	DDGS	Dieta ^{SS}	Dieta ^{CS}
Materia seca	19,10	88,78	94,63	19,10	45,05
Cenizas	12,93	10,89	4,57	12,93	10,05
Proteína cruda	5,31	8,07	33,59	5,31	15,02
Fibra Detergente Neutro	63,78	64,71	61,45	63,78	62,98
Fibra Detergente Acido	34,74	32,83	26,09	34,74	31,77
Energía Bruta (Mcal/kg)	4,25	-	5,25	4,25	4,59
Extracto etéreo	2,21*	-	6,25	2,21	3,60
Nitrógeno adherido a la fibra	0,45*	-	13,68	0,45	4,99

¹ Forraje incubado; ^{SS} Sin suplemento; ^{CS} Con suplemento. La dieta fue estimada a partir de la proporción de forraje pastoreado y consumo de suplemento en la dieta total.

* Valores obtenidos de tabla BCNRM (2016).

El bajo nivel de proteína (5,31% PC) y alto nivel de fibra (63,78% FDN; 34,74% FDA) del sorgo forrajero asociado al aporte de proteína (33,59% PC) y energía (5,25% EE) del DDGS mejoraría el ambiente ruminal. Dado que, las condiciones del rumen varían producto de las circunstancias ambientales del propio rumen y por las características de la dieta (Newbold y Ramos-Morales, 2020).

El producto de la fermentación de los carbohidratos son los ácidos grasos volátiles (Raposo et al., 2015) que influyen en las características del pH ruminal y este a su vez modifica el ambiente ruminal y su dinámica (Chibisa et al., 2016).

pH ruminal y concentración de amonio en rumen

El DDGS ha sido utilizado en dietas de encierro donde favoreció condiciones óptimas para el proceso de fermentación (Al-Suwaiegh et al., 2002) sin afectar el pH ruminal cuando se utilizó como suplemento en pastoreo de invierno (Islas y Soto-Navarro, 2011). Sin embargo, en el presente trabajo el pH ruminal promedio fue menor en los animales con suplemento (6,17 vs. 6,55; P = 0,030) (Tabla 3). A pesar del menor pH promedio, es probable que, debido al rango de variación no se hayan observado grandes efectos negativos sobre la microflora ruminal, dado que las bacterias celulolíticas pueden afectarse intensamente cuando el pH desciende por debajo de 6,0 (Merchen & Church, 1988).

Tabla 3. Efecto de la suplementación con DDGS sobre el pH ruminal y la concentración de N_NH4 en novillos pastoreando sorgo forrajero.

Tiempo	pH		N_NH4 ($\mu\text{gN-NH}_4/\text{mL}$)	
	Sin suplemento	Con suplemento	Sin suplemento	Con suplemento
0 h	6,7	6,4	61,5	192,0
3 h	6,5	5,9	59,1	291,9
6 h	6,5	6,2	55,2	206,8
9 h	6,5	6,2	55,5	192,0
12 h	-	-	65,6	213,5
24 h	-	-	51,8	159,0
Promedio	6,55	6,17	58,1	209,2
EE	0,90		6,75	
P valor	0,0302		<0,0001	

N_NH4: Nitrógeno Amoniacal ppm ($\mu\text{gN-NH}_4/\text{mL}$); EE: Error estándar.

Tiempo 0 y 24: los animales se encontraban en la parcela, corresponde al momento antes de suministrar el suplemento y de la entrada a la nueva franja (7:00 h). Tiempo 3: los animales se encontraban en la parcela, corresponde al momento antes del encierro diurno. Tiempo 6: los animales se encontraban en encierro diurno. Tiempo 9: los animales se encontraban en la parcela momento después de la salida del encierro. Tiempo 12: los animales se encontraban en la parcela.

El pH ruminal se afectó por el horario de muestreo (P = 0,003) pero no por la interacción entre el horario y los tratamientos (con suplemento vs sin suplemento) (P = 0,164). Observándose una disminución del pH a las tres horas (h3) de muestreo con respecto a la hora cero, pero, el pH suele ser mínimo desde una a cuatro horas posteriores al consumo de alimentos, por la acidificación del ambiente ruminal producto de la liberación de los ácidos grasos volátiles (Raposo et al., 2015). Posteriormente a la hora tres (h3) se pudo observar el aumento y

Efecto de la suplementación con granos secos de destilería (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en vacunos pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum* spp)

estabilidad del pH, posiblemente por el equilibrio entre la tasa de producción de ácidos y la actividad tampón de la saliva (Merchen & Church, 1988). La concentración de nitrógeno amoniacal en rumen fue afectada por la suplementación ($P = <0,0001$) registrándose mayores niveles en los animales con suplemento que sin suplemento (Tabla 3). Asimismo, fue significativa ($P = 0,0137$) la interacción tiempo x los tratamientos (con suplemento vs sin suplemento).

En el estudio realizado por Pancini et al. (2021), la suplementación con DDGS no afectó la concentración de N_{NH_4} . Sin embargo, en este trabajo a pesar de haber aumentado la concentración de amonio, en ambos tratamientos el nitrógeno amoniacal se encontró dentro de las concentraciones que necesitan las bacterias ruminales (entre 35 y 290 ppm) para un normal funcionamiento (Merchen & Church, 1988). La concentración de N_{NH_4} aumentó luego de las primeras horas de haber consumido el suplemento, con mayor valor a las tres horas. Posiblemente un excedente en el aporte de proteína degradable en rumen para la síntesis de proteína microbiana con relación a la disponibilidad de energía fermentable en rumen sería consistente con el aumento en la concentración de amonio observado.

Degradabilidad ruminal *in situ* y digestibilidad aparente

En la Tabla 4 se presentan los efectos de la suplementación con DDGS sobre la degradabilidad ruminal *in situ* de la materia seca y FDN, así como la digestibilidad aparente de la MS, MO y FDN de la dieta en novillos pastoreando sorgo forrajero.

Tabla 4. Efecto de la suplementación sobre la degradabilidad potencial y efectiva de la MS y FDN, así como la digestibilidad de la dieta.

	<i>Sin suplemento</i>	<i>Con suplemento</i>	<i>EE</i>	<i>P valor</i>
<i>DE_MS (%)</i>	52,65	49,8	0,85	0,064
<i>a+b (%)</i>	78,17	81,01	2,229	0,409
<i>a (%)</i>	27,76	24,67	1,73	0,156
<i>b (%)</i>	50,41	56,34	3,05	0,394
<i>k (h)</i>	0,05	0,04	0,006	0,349
<i>DE_FDN (%)</i>	52,2	48,1	0,48	0,002
<i>a+b (%)</i>	76,9	88,92	7,44	0,305
<i>a (%)</i>	22,6	25,6	1,23	0,156
<i>b (%)</i>	54,3	63,4	6,91	0,394
<i>k (h)</i>	0,06	0,03	0,01	0,021
<i>DIG_MS (%)</i>	65,75	60,75	1,00	0,026
<i>DIG_FDN (%)</i>	68,5	62,5	1	0,011
<i>DIG_FDA (%)</i>	66,75	63,75	0,9	0,078

DE_MS: Degradabilidad efectiva de la materia seca; **DE_FDN:** Degradabilidad efectiva de la fibra detergente neutra; **a+b:** fracción potencialmente degradable (%); **a:** fracción soluble (%); **b:** fracción lentamente degradable (%); **k:** tasa de degradación de **b** (%). **DIG_MO:** Digestibilidad de la materia orgánica (%); **DIG_MS:** Digestibilidad de la materia seca (%); **DIG_FDN:** Digestibilidad de la fibra detergente neutra (%); **DIG_FDA:** Digestibilidad de la fibra detergente ácido (%).

La suplementación no afectó a la fracción potencialmente degradable, ($a + b$), soluble (a) y lentamente degradable (b) de la MS y la FDN (Tabla 4.). Dado que la tasa de degradación de (b)

de la FDN fue más lenta en los animales sin suplementos (6% vs 3%). Al estimar la degradabilidad efectiva a partir de una tasa de pasaje fija (5%), podría esperarse una mayor degradabilidad en los animales sin suplemento con respecto a los suplementados. Esta respuesta es relevante si se tiene en cuenta que la degradabilidad del alimento va a depender de la velocidad de degradación de la fracción lentamente degradable y de la velocidad de tránsito ruminal (Orskov y McDonald, 1979; Calsamiglia, 1997; NRC, 2000).

El promedio de degradabilidad efectiva de la MS del sorgo forrajero fue de 51,25% (52,65 vs 49,80), mientras que la degradabilidad de la fibra fue de 50,15% (52,20 vs 48,10). Vargas (2005), obtuvo un promedio inferior (48,90%) de degradabilidad de la MS con igual tasa de pasaje. Mientras que anteriormente Jiménez (1995), con una tasa de pasaje de 4% de tasa obtuvo valores entre 53,3% y 48,1% para degradabilidad de MS y 40,0% y 33,2% para degradabilidad de FDN en animales con diferentes niveles de concentrado.

El pH dentro de las concentraciones normales, la elevada concentración de amonio en rumen y la mayor velocidad de degradación de la fracción lentamente degradable podrían haber propiciado una mayor tasa de pasaje en los animales suplementados con respecto a los no suplementados (Orskov y McDonald, 1979; Raposo et al., 2015). Además, la caída en la digestibilidad aparente, no obstante, podría estar explicada en parte por el mayor consumo de materia seca total en los animales suplementados, a través de un aumento en la tasa de pasaje del alimento (Galyean y Hubbert, 2014).

Aun cuando, la suplementación disminuyó la digestibilidad de la MS y la FDN de la dieta, los valores son mayores a los obtenidos por Lagrange (2009), que reporta menor digestibilidad de la MS en animales sin suplemento respecto a los suplementados con suplemento proteico en animales pastoreando sorgo granífero diferido y por Montossi et al. (2017), que durante varios años obtuvieron digestibilidades entre 49,9% y 61,4% con dietas a con base de diferentes tipos de suplementos (proteicos y energéticos) en animales que pastaban sorgo forrajero. .

El valor nutritivo del sorgo forrajero mejora cuando es comparado con pasturas perennes en el periodo estival (Ademosum et al., 1968). Aun así, la digestibilidad de este tiende a ser baja. Vargas (2005), en un estudio de 15 genotipos de sorgo forrajero bicolor obtuvo 57,83% digestibilidad promedio de la MS. La digestibilidad de la MS en nuestro estudio fue 65,7%, valor mayor al reportado por (Vargas 2005), debido a que el sorgo utilizado es considerado un sorgo con nervadura central marrón (BMR), caracterizados por presentar una menor lignificación (McCuistion et al., 2005; Porter et al., 1978), que le confiere mayor digestibilidad comparado con sorgos que no contienen dicho gen. Sin embargo, la digestibilidad de la MS obtenida fue menor a las reportadas por McCuistion et al. (2011), en dos años consecutivos con sorgo BMR (87,3%). Mientras que la digestibilidad de la FDN (68,5%) se encontró dentro de los valores (55% hasta 74%) reportados por Porter *et al.* (1978), en diferentes genotipos de BMR. Tanto la digestibilidad de la MS como la digestibilidad de la FDN observadas en el presente trabajo fueron consistentes con los valores de degradabilidad potencial obtenidos *in situ*.

Por otro lado, concentraciones mayores a 8% de grasa en la dieta podrían disminuir la

Efecto de la suplementación con granos secos de destilería (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en vacunos pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum* spp)

digestibilidad de la misma y afectar negativamente la degradabilidad de la fibra (Zinn, 1989; Hess et al., 2008). Dado que, el aceite disminuye la superficie expuesta a la acción de la población microbiana, y a su vez, por efecto tóxico, inhibe el crecimiento y desarrollo microbiano (Plascencia et al., 2003). Si bien el DDGS tiene altas concentraciones de grasa (6,25%) esta concentración quedaría diluida en la dieta (3,60%), proporcionando Ku Vera et al. (2014), una alta densidad energética y con bajo incremento calórico que podría conducir al incremento de la eficiencia.

CONCLUSIONES

La suplementación con DDGS aumentó las concentraciones de N-NH₄ y disminuyó el pH ruminal, la degradabilidad efectiva de la fibra y la digestibilidad de la MS y FDN.

AGRADECIMIENTOS

A las entidades uruguayas: Facultad de Agronomía (FAGRO) y Agencia Nacional de Investigación (ANII) (los resultados presentados en la presente publicación recibieron fondos de la ANII bajo el código POS_NAC_2018_1_151160), así como, al Instituto de Ciencia Animal (ICA) en Cuba, por el apoyo y colaboración para la realización de dicho trabajo que forma parte de la Tesis al grado Magister en Ciencias Agrarias, opción Ciencias Animales de la Facultad de la República de Uruguay.

REFERENCIAS

- Ademosum, A. A., Baumgardt, B. R., & Scholl, J. M. (1968). Evaluation of a sorghum-sudangrass hybrid at varying stages of maturity on the basis of intake, digestibility and chemical composition. *Journal of Animal Science*, 27(3), 818-823. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/27/3/818/4698849?login=false>
- Aduli, E.O., Curran, J., Gall, H., Henriksen, E., O'Connor, A., Paine, L., ... & Smith, L. (2022). Genetics and nutrition impacts on herd productivity in the Northern Australian beef cattle production cycle. *Veterinary and Animal Science*, 15, 100228. <https://doi.org/10.1016/j.vas.2021.100228>
- Al-Suwaiegh, S., Fanning, K. C., Grant, R. J., Milton, C. T., & Klopfenstein, T. J. (2002). Utilization of distillers grains from the fermentation of sorghum or corn in diets for finishing beef and lactating dairy cattle. *Journal of animal Science*, 80(4), 1105-1111. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/80/4/1105/4789373?login=false>
- AOAC. International (Association of Official Agricultural Chemists). (2015). Official methods of analysis. Arlington, TX, USA. 18 th ed. [https://www.scirp.org/\(S\(czeh2tfqw2orz553k1w0r45\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2913459](https://www.scirp.org/(S(czeh2tfqw2orz553k1w0r45))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=2913459)

- AOAC. International (Association of Official Analytical Chemists). (2007). Official Methods of Analysis. Arlington, VA: AOAC International. 98.13. [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1753366](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1753366)
- AOAC. International (Association of Official Analytical Chemists). (1990). Official Methods of Analysis. Arlington, VA: AOAC International. <https://law.resource.org/pub/us/cfr/ibr/002/aoac.methods.1.1990.pdf>
- Aristizabal, D.P. (2016). Uso de coproductos de la industria del Etanol en la alimentación animal. *Zoociencia*, 3 (2), 4-14. <https://revistas.udca.edu.co/index.php/zoociencia/article/view/513>
- BCNRM. (Beef Cattle Nutrient Requirements Model). (2016). Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th ed. Washington, D.C.: National Academies Press. https://www.zinpro.com/na/availa4cowcalf/?gclid=EAIaIQobChMI8GtjO6TggMVRQSGCh1iuwiDEAAYASAAEgLfjD_BwE
- Calsamiglia, S. (1997). Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. *XIII Curso de Especialización FEDN, Madrid*. https://fedna.biolucas.com/wp-content/uploads/2021/11/97CAP_I.pdf
- Chibisa, G. E., Beauchemin, K. A., & Penner, G. B. (2016). Relative contribution of ruminal buffering systems to pH regulation in feedlot cattle fed either low-or high-forage diets. *Animal*, 10(7), 1164-1172. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731115002888>
- Chilibroste, P., Mattiauda, D. A., Bentancur, O., Soca, P., & Meikle, A. (2012). Effect of herbage allowance on grazing behavior and productive performance of early lactation primiparous Holstein cows. *Animal Feed Science and Technology*, 173(3-4), 201-209. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S037784011200048X>
- Merchen, N. R., & Church, D. (1988). Digestión, absorción y excreción en los rumiantes. *CHURCH, CD El Rumiante Fisiología digestiva y nutrición. Cap, 9, 34.*
- Coates, D. B., & Penning, P. (2000). Measuring animal performance. In *Field and laboratory methods for grassland and animal production research* (pp. 353-402). Wallingford UK: CABI Publishing. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/abs/10.1079/9780851993515.0353>
- De Boever, J. A., Blok, M. C., Millet, S., Vanacker, J., & De Campeneere, S. (2014). The energy and protein value of wheat, maize and blend DDGS for cattle and evaluation of prediction methods. *animal*, 8(11), 1839-1850. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731114001815>
- Di Marco, O. N., & Aello, M. S. (2001). Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, 53, 105-110.

Efecto de la suplementación con granos secos de destilería (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en vacunos pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum* spp)

<https://www.scielo.br/j/abmvz/a/qdfwPcpx9CPgkTzgWvMDCwQ/?lang=en&format=html>
1

Firkins, J. L. (1996). Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. *The Journal of Nutrition*, 126, S1347-S1354.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022316622017795>

Galyean, M. L., & Hubbert, M. E. (2014). Traditional and alternative sources of fiber—Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. *The Professional Animal Scientist*, 30(6), 571-584.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1080744615301716>

Goering, H. K., & Van Soest, P. J. (1970). *Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications)* (No. 379). US Agricultural Research Service.

<https://cir.nii.ac.jp/crid/1574231874853337728>

Gregorini, P., Clark, C. E. F., Jago, J. G., Glassey, C. B., McLeod, K. L. M., & Romera, A. J. (2009). Restricting time at pasture: Effects on dairy cow herbage intake, foraging behavior, hunger-related hormones, and metabolite concentration during the first grazing session. *Journal of Dairy Science*, 92(9), 4572-4580.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030209707842>

Gregorini, P., Eirin, M., Agnelli, L., Refi, R., Ursino, M., Ansin, O. E., ... & Gunter, S. A. (2007). Diurnal eating pattern and performance of cattle strip grazed with afternoon herbage allocation or continuously variable stocked. *Proc. Am. Forage Grassl. Counc. Annu. Meet. State College. PA*, 23-26.

<https://a-c-s.confex.com/crops/2007asa/techprogram/P30522.HTM>

Haydock, K. P., & Shaw, N. H. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 15(76), 663-670.

<http://dx.doi.org/10.1071/EA9750663>

Hess, B. W., Moss, G. E., & Rule, D. C. (2008). A decade of developments in the area of fat supplementation research with beef cattle and sheep. *Journal of Animal Science*, 86(suppl_14), E188-E204. DOI:[10.2527/jas.2007-0546](https://doi.org/10.2527/jas.2007-0546)

Islas, A., & Soto-Navarro, S. A. (2011). Effect of supplementation of dried distillers grains with solubles on forage intake and characteristics of digestion of beef heifers grazing small-grain pasture. *Journal of animal science*, 89(4), 1229-1237. DOI:[10.2527/jas.2009-2757](https://doi.org/10.2527/jas.2009-2757)

Jiménez, C. (1995). *Degradabilidad ruminal del sorgo negro forrajero (Sorghum almum)* (Doctoral dissertation, tesis de Maestría en nutrición animal. Programa en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales, Universidad de Costa Rica).

Ku Vera, J.C., Briceño, E. G., Ruiz, A., Mayo, R., Ayala, A. J., Aguilar, C. F., ... & Ramírez, L. (2014). Manipulación del metabolismo energético de los rumiantes en los trópicos:

- opciones para mejorar la producción y la calidad de la carne y leche. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 48(1), 43-53. <https://www.redalyc.org/pdf/1930/193030122011.pdf>
- Lagrange, S. (2009). Efecto de la suplementación proteica sobre la tasa de crecimiento y parámetros digestivos de novillos a pastoreo sobre sorgo granífero diferido. <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/6302>
- Larson, Q. P., Maddock, R. J., & Neville, B. W. (2019). Effects of distillers dried grains with solubles supplementation on yearling heifers grazing Northern Great Plains rangeland: impacts on subsequent feedlot performance and meat quality. *Translational Animal Science*, 3(4), 1153-1161. DOI: [10.1093/tas/txz118](https://doi.org/10.1093/tas/txz118)
- Liu, K. (2011). Chemical composition of distillers grains, a review. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(5), 1508-1526. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf103512z>
- MacDonald, J. C., Klopfenstein, T. J., Erickson, G. E., & Griffin, W. A. (2007). Effects of dried distillers grains and equivalent undegradable intake protein or ether extract on performance and forage intake of heifers grazing smooth bromegrass pastures. *Journal of animal science*, 85(10), 2614-2624. DOI: [10.2527/jas.2006-560](https://doi.org/10.2527/jas.2006-560)
- Macon, B., Sollenberger, L. E., Moore, J. E., Staples, C. R., Fike, J. H., & Portier, K. M. (2003). Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science*, 81(9), 2357-2366. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/9/2357/4790257?login=false>
- McCuiston, K. C., McCollum III, F. T., Greene, L. W., MacDonald, J., & Bean, B. (2011). Performance of stocker cattle grazing 2 sorghum-sudangrass hybrids under various stocking rates. *The Professional Animal Scientist*, 27(2), 92-100. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S108074461530454X>
- McCuiston, K. C., McCollum, F. T., Greene, L. W., Bean, B., Van Meter, R., Vasconcelos, J., & Silva, J. (2005). Performance of steers grazing photoperiod-sensitive and brown midrib varieties of sorghum-sudangrass. *Forage Sorghum Field Day, Texas Agricultural Research and Extension Center, Amarillo*. <https://college.agrilife.org/animalscience/wp-content/uploads/sites/14/2012/04/beef-performance.pdf>
- Montossi, F., Cazzuli, F., & Lagomarsino, X. (2017). Sistemas de engorde de novillos sobre verdes anuales estivales en la región de basalto. *Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Serie Técnica*, 230. <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/6907/1/st-230-2017.pdf>
- Moyano, D.K.R., Conde Pulgarín, A., & Rios Moyano, C. F. (2021). Productividad y sostenibilidad del cultivo de sorgo forrajero como alternativa para la alimentación de rumiantes. <https://doi.org/10.26457/recein.v14i56.2807>
- Murray, F., Gallego, J. J., Miñon, D. P., & Barbarossa, R. A. (2010). Verdeos de verano para pastoreo o henificado: una alternativa forrajera de rápido crecimiento. *Comunicaciones-Rev. prod. anim.*, 35(3), <https://revistas.reduc.edu.cu/index.php/rpa/article/view/e4562>

Efecto de la suplementación con granos secos de destilería (DDGS) sobre los parámetros de la fermentación ruminal *in situ* en vacunos pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum* spp)

Publicación del Valle Inferior, 20(63). https://produccion-animal.com.ar/produccion_y_manejo_pasturas/pasturas%20artificiales/171-verdeos_verano.pdf

Newbold, C. J., & Ramos-Morales, E. (2020). Ruminal microbiome and microbial metabolome: effects of diet and ruminant host. *Animal*, 14(S1), s78-s86. <https://doi:10.1017/S1751731119003252>

NRC. (National Research Council). (2000). Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition. Washington DC, USA. National Academy Press, 242. https://www.pahc.com/hyd/?utm_source=Q1&utm_medium=PaidSearch&utm_campaign=HyD_Nutrition_23_24

Orskov, E. R., & McDonald, I. (1979). The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*, 92(2), 499-503. DOI: [0021-8596/79/2828-178](https://doi.org/10.1017/S1751731119003252)

Pancini, S., Simeone, A., Bentancur, O., & Beretta, V. (2021). Evaluation of sorghum dried distillers' grains plus solubles as a replacement of a portion of sorghum grain and soybean meal in growing diets for steers. *Livestock Science*, 250, 104564. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2021.104564>

Plascencia, A., Mendoza, G. D., Vásquez, C., & Zinn, R. A. (2003). Relationship between body weight and level of fat supplementation on fatty acid digestion in feedlot cattle. *Journal of animal science*, 81(11), 2653-2659. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/81/11/2653/4789862?login=false>

Porter, K. S., Axtell, J. D., Lechtenberg, V. L., & Colenbrander, V. F. (1978). Phenotype, Fiber Composition, and in vitro Dry Matter Disappearance of Chemically Induced Brown Midrib (bmr) Mutants of Sorghum 1. *Crop Science*, 18(2), 205-208. <https://access.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2135/cropsci1978.0011183X001800020002x>

Van Keulen, J. Y. B. A., & Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44(2), 282-287. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/44/2/282/4697314?login=false>

Vargas Rodríguez, C. F. (2005). Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp.). *Agronomía Mesoamericana*, 215-223. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/agromeso/article/view/11874>

Westreicher-Kristen, E., Steingass, H., & Rodehutschord, M. (2013). In situ ruminal degradation of amino acids and in vitro protein digestibility of undegraded CP of dried distillers' grains with solubles from European ethanol plants. *Animal*, 7(12), 1901-1909. DOI:[10.1017/S1751731113001730](https://doi.org/10.1017/S1751731113001730)

Casanova, D., Beretta, V., Bentancur, O., Tagliani, E.M., Taño, M., Simeone, A.

Zinn, R. A. (1989). Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for feedlot steers: metabolism. *Journal of animal science*, 67(4), 1038-1049. <https://academic.oup.com/jas/article-abstract/67/4/1038/4697011?login=false>

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Concepción y diseño de la investigación: DC, AS, VB, OB, EMT, MT; análisis e interpretación de los datos: DC, AS, VB, OB; redacción del artículo: DC, AS, VB.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no existen conflicto de intereses.