

Effect of supplementation with distillery grains and day confinement on the productive performance of Hereford steers, which graze forage sorghum (*Sorghum, spp.*) during the summer

Efecto de la suplementación con granos de destilería y el encierro diurno en el comportamiento productivo de novillos Hereford, que pastorean sorgo forrajero (*Sorghum, spp.*) durante el verano

Dainelis Casanova¹, Virginia Beretta², Celmira Saravia², O. Bentancur², E.M. Tagliani², M. Taño² and A. Simeone²

¹*Instituto de Ciencia Animal, Carretera Central km 47½, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba*

²*Facultad de Agronomía, Universidad de la República Paysandú, Uruguay*

Email: dcdainelis@gmail.com

Dainelis Casanova: <https://orcid.org/0000-0002-4656-2514>

Virginia Beretta: <http://orcid.org/0000-0002-4762-5185>

Celmira Saravia: <https://orcid.org/0000-0002-5032-9088>

O. Bentancur: <https://orcid.org/0000-0003-0509-5793>

E. M. Tagliani: <https://orcid.org/0000-0003-0073-527>

M. Taño: <https://orcid.org/0000-0001-7415-0114>

A. Simeone: <http://orcid.org/0000-0001-5240-5710>

In the West Coast of Uruguay, on six ha of forage sorghum, the effect of supplementation with more soluble dry distillery grains and day confinement with shade was evaluated on the productive performance of Hereford steers, which graze forage sorghum. A total of forty-eight steers (267 ± 29.5 kg) were randomly assigned to four treatments in a 2 x 2 factorial arrangement: free grazing without supplement, free grazing with supplement, day confinement without supplement, day confinement with supplement (n=2. 6 steers/repetition). It was grazed in weekly strips, with allocation of 8 kg of dry matter of grass/100 kg of live weight. Between 10:00 a.m. and 4:00 p.m., the animals with day confinement were moved from the grass to a near pen, provided with water and artificial shade. The supplementation with more soluble dry distillery grains improved productive performance, regardless of grazing management. Supplementation increased dry matter intake and increased live weight gain 2.9 times, with a weight gain response of 0.928 kg/d and supplement conversion efficiency of 3.1:1 (supplement intake, kg/response in LW gain, kg). The day confinement improved the thermal welfare of animals and did not affect the intake of dry matter or grazing activity. However, it was not enough to express improvements in mean daily gain.

Key words: *steers, supplementation, more soluble dry distillery grains, day confinement.*

In Uruguay, during the summer, fattening cattle grazing natural fields or planted grass, or both, register a marked decrease in their productivity with respect to what they achieve in spring (Simeone 2000). This could be associated with the high temperature and humidity index (THI) and the low production and quality of grasses in summer.

The supplementation on seasonal grasses during

En el Litoral Oeste de Uruguay, en 6 ha de sorgo forrajero, se evaluó el efecto de la suplementación con granos secos de destilería más solubles y el encierro diurno con sombra en el comportamiento productivo de novillos Hereford, que pastorean sorgo forrajero. Cuarenta y ocho novillos (267 ± 29.5 kg) se asignaron al azar a cuatro tratamientos en arreglo factorial 2x2: pastoreo libre sin suplemento, pastoreo libre con suplemento, encierro diurno sin suplemento, encierro diurno con suplemento (n=2. 6 novillos/ repetición). Se pastoreó en franjas semanales, con asignación de 8 kg de materia seca de pasto/100 kg de peso vivo. Se suplementó con granos secos de destilería más solubles, a razón de 1 kg de materia seca/100 kg de peso vivo. Entre las 10:00 a.m. y las 4:00 p.m., los animales con encierro diurno se retiraron de la pastura a un corral próximo, provisto de agua y sombra artificial. La suplementación con granos secos de destilería más solubles mejoró el comportamiento productivo, independientemente del manejo del pastoreo. La suplementación aumentó el consumo de materia seca e incrementó 2.9 veces la ganancia de peso vivo, con una respuesta en ganancia de peso de 0.928 kg/d y eficiencia de conversión del suplemento de 3.1:1 (consumo de suplemento, kg/ respuesta en ganancia de PV, kg). El encierro diurno mejoró el bienestar térmico de los animales y no afectó el consumo de materia seca ni la actividad de pastoreo. Sin embargo, no fue suficiente para expresar mejoras en la ganancia media diaria.

Palabras clave: *novillos, suplementación, granos secos de destilería más solubles, encierro diurno*

En Uruguay, durante el verano, el ganado vacuno en engorde, que pastorea campo natural o pasturas sembradas, o ambas, registra un marcado descenso en su productividad con respecto a lo que logra en primavera (Simeone 2000). Esto podría estar asociado al elevado índice de temperatura y humedad (ITH) y a la baja producción y calidad de las pasturas en el verano.

La suplementación sobre pasturas temporales durante

summer (Montossi *et al.* 2017), restriction of access time to grass, associated with confinement with artificial shade and water, in cattle that graze permanent grasses (Beretta *et al.* 2013) and seasonal grasses (Rovira 2012), as well as free access to natural shade in forest areas by cattle grazing natural fields (Simeone *et al.* 2010), have been strategies used interchangeably in Uruguay to improve productivity during summer and try to reduce the adverse effects of heat stress. However, the productive responses have been very mixed.

Forage sorghum improves the forage base due to its adaptability to the environment and high volumes of forage (Moyano *et al.* 2021 y Zavala-Borrego *et al.* 2021). However, the low level of protein and high fiber content (Ríos Moyano *et al.* 2021) could limit the productivity of developing cattle. Supplementation with a source of energy and protein could reduce these grass nutritional limitations.

Dried distillery grains with solubles (DDGS) are non-starchy protein-energy supplements (30.9 % CP, 13.4 ME MJ/kg) (BCNRM 2016 and Pancini *et al.* 2021), which contain three times the concentration of nutrients of the grain that gave rise to it (Trujillo *et al.* 2017 and Iram *et al.* 2020). The DDGS have a high content of ether extract (10.7 %) (BCNRM 2016), which is why they are considered a food with high energy density and low heat increase (De Boever *et al.* 2014). This resource, associated with day confinement with shade and water, could help reduce the risk of heat stress and improve productivity and efficiency in the use of food by cattle grazing forage sorghum. However, there are few studies evaluating this by-product under pastoral conditions and in animals that graze forage sorghum with day confinement, shade and water, during the summer period.

The objective of this study was to evaluate the effect of DDGS supplementation and day confinement with artificial shade on the productive performance of Hereford steers grazing forage sorghum (*Sorghum* spp.).

Materials and Methods

The study was carried out in the West Coast of Uruguay (Lat: 32.5° S, Long: 58° W), from January 16, 2019 to March 6, 2019 (49 d) in 6 ha of forage sorghum (hybrid ADV 2800), sown on December 1, 2018, at a rate of 25 kg/ha with 60 kg/ha of formula 18-46-0 and fertilized with urea after the first grazing (100 kg/ha).

Animals, treatments and experimental design. A total of forty-eight Hereford steers (267 ± 29.5 kg) were randomly assigned to four treatments in a 2x2 factorial arrangement. The main factors were the management of supplementation with DDGS (without supplement, vs with supplement; 1 kg of DM/100 kg of LW) and grazing management (free grazing, vs day confinement;

el verano (Montossi *et al.* 2017), la restricción del tiempo de acceso a la pastura, asociada al encierro con sombra artificial y agua, en vacunos que pastorean pastos permanentes (Beretta *et al.* 2013) y temporales (Rovira 2012), así como el libre acceso a la sombra natural en áreas forestales por parte del ganado que pastorea campo natural (Simeone *et al.* 2010), han sido estrategias utilizadas indistintamente en Uruguay para mejorar la productividad durante el verano e intentar disminuir los efectos adversos del estrés calórico. Sin embargo, las respuestas productivas han sido muy variadas.

El sorgo forrajero permite mejorar la base forrajera por su capacidad adaptativa al ambiente y altos volúmenes de forraje (Zavala-Borrego *et al.* 2021). Sin embargo, el bajo nivel de proteína y alto contenido de fibra (Ríos Moyano *et al.* 2021) podrían limitar la productividad del ganado en desarrollo. La suplementación con una fuente de energía y proteína podría disminuir estas limitaciones nutricionales de la pastura.

Los granos secos de destilería con solubles (DDGS) son suplementos energético-proteicos no almidonosos (30.9 % PC, 13.4 EM MJ/kg) (BCNRM 2016 y Pancini *et al.* 2021), que contienen tres veces la concentración de nutrientes del grano que le dio origen (Trujillo *et al.* 2017 y Iram *et al.* 2020). Los DDGS tienen alto contenido de extracto etéreo (10.7 %) (BCNRM 2016), por lo que se consideran un alimento de alta densidad energética y bajo incremento calórico (De Boever *et al.* 2014). Este recurso, asociado al encierro diurno con sombra y agua, podría contribuir a reducir el riesgo por estrés calórico y a mejorar la productividad y eficiencia en la utilización de los alimentos por parte del ganado vacuno que pastorea sorgo forrajero. Sin embargo, son escasos los trabajos que evalúan este subproducto en condiciones pastoriles y en animales que pastorean sorgo forrajero con encierro diurno, sombra y agua, durante el período estival.

Este trabajo tuvo como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con DDGS y el encierro diurno con sombra artificial en el comportamiento productivo de novillos Hereford que pastorean sorgo forrajero (*Sorghum* spp.).

Materiales y Métodos

El trabajo se realizó en el Litoral Oeste de Uruguay (Latitud: 32.5°S, Longitud: 58°W), desde el 16 de enero de 2019 hasta el 6 de marzo de 2019 (49 d) en 6 ha de sorgo forrajero (híbrido ADV 2800), sembradas el 1 de diciembre de 2018, a razón de 25 kg/ha con 60 kg/ha de fórmula 18-46-0 y fertilizadas con urea después del primer pastoreo (100 kg/ha).

Animales, tratamientos y diseño experimental. Cuarenta y ocho novillos Hereford (267 ± 29.5 kg) se asignaron al azar a cuatro tratamientos en arreglo factorial 2x2. Los factores principales fueron el manejo de la suplementación con DDGS (sin suplemento, vs con suplemento; 1kg de MS/100kg de PV) y el manejo del pastoreo (pastoreo libre, vs encierro diurno; 10:00 a.m. a

10:00 a.m. to 4:00 p.m.). The treatments consisted of free grazing without supplement, free grazing with supplement, day confinement without supplement and day confinement with supplement.

Experimental management. As a supplement, mixed DDGS (40 % corn, 60 % wheat) were used, from the local alcohol production factory in Uruguay (ALUR, Paysandú). They were obtained in a single batch and stored in silo bags for use during the experimental period. The supplementation was carried out at 7:00 a.m., at a rate of 1 kg DM/100 kg LW (1 % LW), offered in group feeders per repetition in the plot. The quantity supplied was fitted every 14 days, according to the DM content and the last LW.

Between 10:00 a.m. and 4:00 p.m., the animals with day confinement were removed from the grass and moved to an area adjacent to the paddock area, divided into four pens delimited by electrical fencing (1 per experimental unit), provided with water and artificial shade (80 % interception mesh, 2.75 m height, 3.5 m²/ animal, East-West orientation).

It was grazed in weekly strips with an 8 kg DM/100 kg LW animal grazing allocation. The grazing area was delimited by electric fencing. It was weekly fitted, by varying the offered grass area according to the biomass of DM available and the last LW, without considering the projection of mean daily gain (MDG) or the growth rate of sorghum. The strip change was always carried out in the morning, after supplementation.

Sampling, measurements in the grass and supplement. The LW was recorded every 14 days, with a previous fast of 12-16 h. The biomass of available and remaining grass was weekly determined by means of the double sampling technique (Haydock and Shaw 1975) with marking of a three-point scale and two repetitions. The grass was evaluated at 100 random points per plot. The scale samples were weekly collected, by cutting the biomass at soil level in a 0.3 x 0.3 m square. They were subsequently placed in a forced air oven (60 °C until reaching constant weight) for the determination of the dry weight and its conservation for later analysis. The height of the available and remaining grass was measured with a ruler at five points on the diagonal of each square, by recording the point of contact with the highest unextended living leaf.

Supplement intake was daily recorded as the difference between the quantity offered and the quantity rejected. The samples of the offered and rejected supplement were weekly collected and dried at 60 °C. They were kept for later chemical analysis.

The records of day performance were taken from four steers per plot, randomly chosen through direct observation, by recording the activity carried out every 20 min during daylight hours (7:00 a.m. to 7:00 p.m.): grazing (effective plus search), rumination, rest, access to

4:00 p.m.). Los tratamientos consistieron en pastoreo libre sin suplemento, pastoreo libre con suplemento, encierro diurno sin suplemento y encierro diurno con suplemento. Cada tratamiento contó con dos repeticiones, de seis animales cada una, manejadas en parcelas independientes por repetición.

Manejo experimental. Como suplemento se utilizaron DDGS mezcla (40 % maíz, 60 % trigo), provenientes de la planta local de producción de alcoholes del Uruguay (ALUR, Paysandú). Se adquirieron en una única partida y se almacenaron en bolsas de silo para su uso durante el período experimental. La suplementación se realizó a las 7:00 a.m, a razón de 1 kg de MS/100 kg PV (1 % PV), ofrecido en comederos grupales por repetición en la parcela. Se ajustó la cantidad ofrecida cada 14 d, de acuerdo con el contenido de MS y el último PV.

Entre las 10:00 a.m. y las 4:00 p.m., los animales con encierro diurno se retiraron de la pastura y se trasladaron a un área adyacente al área de potrero, dividida en cuatro corrales delimitados por alambrado eléctrico (1 por unidad experimental), provistos de agua y sombra artificial (malla 80 % intercepción, 2.75 m de altura, 3.5 m²/animal, orientación Este-Oeste).

Se pastoreó en franjas semanales con asignación de pasto de 8 kg MS/100 kg PV animal. El área de pastoreo se delimitó por alambrado eléctrico. Se ajustó semanalmente, al variar el área de pastura ofrecida según la biomasa de MS disponible y el último PV, sin considerar la proyección de ganancia media diaria (GMD) ni la tasa de crecimiento del sorgo. El cambio de franja se realizó siempre en la mañana, luego de la suplementación.

Muestreo, mediciones en la pastura y suplemento. Se registró el PV cada 14 d, con previo ayuno de 12-16 h. La biomasa de pasto disponible y rechazado se determinó semanalmente mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw 1975) con marcado de una escala de tres puntos y dos repeticiones. Se evaluó la pastura en 100 puntos al azar por parcela. Las muestras de la escala se recolectaron semanalmente, al cortar la biomasa a ras del suelo en cuadro de 0.3 x 0.3 m. Se colocaron posteriormente en una estufa de aire forzado (60 °C hasta alcanzar peso constante) para la determinación del peso seco y su conservación para análisis posteriores. La altura del pasto disponible y rechazado se midió con regla en cinco puntos de la diagonal de cada cuadro, al registrar el punto de contacto con la hoja viva más alta sin extender.

El consumo de suplemento se registró diariamente como la diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada. Las muestras del suplemento ofrecido y rechazado se colectaron semanalmente y se secaron a 60 °C. Se conservaron para el análisis químico posterior.

Los registros del comportamiento diurno se tomaron de cuatro novillos por parcela, elegidos al azar mediante la observación directa, al registrar la actividad realizada cada 20 min durante horas luz (7:00 a.m. a 7:00 p.m.): pastoreo (efectivo más búsqueda), rumia, descanso, acceso a comederos y consumo de agua. Se estimó la

feeders and water intake. The probability of occurrence of each activity was estimated (Forbes 1988). The bite rate was determined as the number of bites in one minute (Gregorini *et al.* 2007 and Gregorini *et al.* 2009) at two moments: first grazing session in the morning (7:00 a.m.) and first grazing session at the exit from the confinement (4:00 p.m.).

Respiratory rate was measured as the number of flank movements, recorded in one minute (resp/min) during three consecutive days per week, at two times of the day (7:00 a.m. and 4:00 p.m.) and in the same animals studied for the observation of grazing performance.

Temperature and humidity index. The records of the historical series 2002-2019 and the daily records of air temperature (°C), relative humidity (%), wind speed (m/s) and solar radiation (W/m²) during the experimental period were taken from the automatic meteorological station (Model Vantage Pro 2, Davis Instruments, CA, 2007), belonging to Mario A Cassinoni Experimental Station.

The THI was calculated, according to Mader *et al.* (2006):

$$THI = 0.8 \times T + [(Rh / 100) \times (T - 14.4)] + 46.4.$$

Where: T, air temperature, Rh; relative humidity

The risk of heat stress was categorized as normal (THI ≤ 74), alert (THI > 74 ≤ 78), danger (THI > 78 ≤ 84) and emergency (THI > 84), according to the climatic safety indicator for beef cattle (Livestock Weather Safety Index) (Eigenberg *et al.* 2005).

THI fits were made by wind speed (WS) and solar radiation (SR):

$$THI \text{ fitted daily} = 6.8 + THI - (3.075 \times WS) + (0.00055 \times SR).$$

Vernon spheres (BG) temperature fits were also made:

$$BGTHI = 0.8 \times BG + [(RH/100) \times (BG-14.4)] + 46.4$$

(Mader *et al.* 2006).

For the latter, four Vernon spheres were placed: two in the shade and two in the sun, at a height of 1.5 m (Berbigier 1988). The temperature was recorded on the spheres every 30 min. using Kooltrak sensors (iButtons-TMEX model DS1921, Dallas Semiconductors, Dallas, TX).

The DM intake of grass was estimated for each experimental unit using the Beef Cattle Nutrient Requirement Model (BCNRM 2016). As input for the model, the information collected during the experimental period was used: animal LW (start and end), grazing days, available biomass and used area, intake supplement and meteorological information. As food information, what was referred by the food library of the model was used. The contribution of ash, protein, ether extract and NDF of forage sorghum and DDGS was corrected with analytical information. The intake was calculated for each grazing plot, by executing the calculation function of the model (empirical solution) and fitting by successive approximations the grass intake necessary to achieve the respective weight gain. The contribution of

probabilidad de ocurrencia de cada actividad (Forbes 1988). La tasa de bocado se determinó como número de bocados en un minuto (Gregorini *et al.* 2007 y Gregorini *et al.* 2009) en dos momentos: primera sesión de pastoreo de la mañana (7:00 a.m.) y primera sesión de pastoreo a la salida del encierro (4:00 p.m.).

La frecuencia respiratoria se midió como el número de movimientos del flanco, registrados en un minuto (resp/min) durante tres días consecutivos por semana, en dos horarios del día (7:00 a.m. y 4:00 p.m.) y en los mismos animales estudiados para la observación del comportamiento en pastoreo.

Índice de temperatura y humedad. Los registros de la serie histórica 2002-2019 y los registros diarios de temperatura del aire (°C), humedad relativa (%), velocidad de los vientos (m/s) y radiación solar (W/m²) durante el período experimental se tomaron de la estación meteorológica automática (Modelo Vantage Pro 2, Davis Instruments, CA, 2007), perteneciente a la Estación Experimental Mario A Cassinoni.

Se calculó el ITH, según Mader *et al.* (2006):

$$ITH = 0,8 \times T + [(Hr / 100) \times (T - 14,4)] + 46,4.$$

donde: T, temperatura del aire; Hr, humedad relativa.

El riesgo de estrés calórico se categorizó como normal (ITH ≤ 74), alerta (ITH > 74 ≤ 78), peligro (ITH > 78 ≤ 84) y emergencia (ITH > 84), según el indicador de seguridad climática para el ganado de carne (Livestock Weather Safety Index) (Eigenberg *et al.* 2005).

Se realizaron ajustes del ITH por velocidad de los vientos (VV) y radiación solar (RAD):

$$ITH \text{ ajustado diario} = 6.8 + ITH - (3.075 \times VV) + (0.00055 \times RAD).$$

También se realizaron ajustes por temperatura de esferas de Vernom (BG):

$$BGITH = 0.8 \times BG + [(Hr/100) \times (BG-14.4)] + 46.4$$

(Mader *et al.* 2006).

Para este último se colocaron cuatro esferas de Vernon: dos bajo sombra y dos al sol, a 1.5 m de altura (Berbigier 1988). La temperatura se registró en las esferas cada 30 min. mediante sensores Kooltrak (iButtons-TMEX modelo DS1921, Dallas Semiconductors, Dallas, TX).

El consumo de MS de pasto se estimó para cada unidad experimental mediante el Beef Cattle Nutrient Requirement Model (BCNRM 2016). Como insumo para el modelo se utilizó la información recolectada durante el período experimental: PV animal (inicio y final), días de pastoreo, biomasa disponible y área utilizada, suplemento consumido e información meteorológica. Como información de alimentos, se utilizó lo referido por la biblioteca de alimentos del modelo. Se corrigió con información analítica el aporte de cenizas, proteína, extracto etéreo y FDN del sorgo forrajero y del DDGS. El consumo se calculó para cada parcela de pastoreo, al ejecutar la función de cálculo del modelo (solución empírica) y ajustar por aproximaciones sucesivas el consumo de pasto necesario para lograr la ganancia de peso respectiva. El aporte de EM en cada dieta se obtuvo

ME in each diet was obtained from the model.

Grass use and supplement conversion efficiency.

The forage use (FU) was calculated from the available biomass (AB) and remaining biomass (RB):

$$FU (\%) = [(AB - RB) / AB] \times 100.$$

The conversion efficiency (CE) was estimated as the amount of intake supplement (DMI) per unit of weight gain (WG):

$$CE (\text{kg/d}) = \text{DMI} / \text{WG} \text{ (Beretta et al. 2006)}$$

Chemical analysis. The supplement samples and the dry samples of the scales corresponding to the determination of the offered biomass were milled to 2 mm in diameter in a WILEY mill and combined into a single sample, composed of food for the experimental period, where each sampling date contributed equal weight.

The composite samples of available grass by sampling date were made up by weighting the contribution of each point on the scale, according to the frequency of appearance in the grass.

The content of dry matter (DM, method 934.01), organic matter (OM, method 942.05), crude protein (CP, $N \times 6.25$; method 984.13) and ether extract (EE, method 920.39) were determined according to AOAC (1990) and AOAC (2007).

To calculate the content of insoluble N in acid detergent and NDF, α -amylase was used and it was corrected for contamination with ash (aNDFmo) and ADF, according to Goering and van Soest (1970).

Statistical analysis. Linear models of the SAS statistical package, version 9.4 (SAS Institute, Cary, NC 2012) were used.

General model: $Y_{ijk} = \mu + E_i + S_j + (E \times S) + e_{ij}$, where:

Y_{ijk} - response variable

μ - general mean

E_i grazing management (i = confinement, free grazing)

S_j supplementation management (j= control, supplemented)

e_{ij} - experimental error

For the determination of the LW, DMG and conversion efficiency of the supplement, the GLM model was used. The DM intake (grass, supplement and total), bite rate and respiratory rate were analyzed as repeated measures in time with the MIXED model.

For the bite rate and respiratory rate, the sampling time was considered as a fixed effect. The grazing behavior was analyzed as repeated measures in time, assuming a binomial distribution using the GLIMMIX procedure.

To determine the predicted temperature value of the Vernom spheres (BG) in sun and shade, the statistical program ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) was used. Hourly data were used and the ARIMA seasonal model was fitted until the predicted value and standard error were obtained at each hour and

a partir del modelo.

Utilización del pasto y eficiencia de conversión del suplemento. La utilización del forraje (UF) se calculó a partir de la biomasa disponible (BD) y la biomasa de rechazo (BR):

$$UF (\%) = [(BD - BR) / BD] \times 100.$$

La eficiencia de conversión (EC) se estimó como la cantidad de suplemento consumido (CMS) por unidad de ganancia de peso (GP):

$$EC (\text{kg/d}) = \text{CMS} / \text{GP} \text{ (Beretta et al. 2006)}$$

Análisis químico. Las muestras de suplemento y las muestras secas de las escalas correspondientes a la determinación de la biomasa ofrecida se molieron a 2 mm de diámetro en un molino WILEY y se combinaron en una única muestra, compuesta por alimento para el período experimental, donde cada fecha de muestreo contribuyó con igual peso.

Las muestras compuestas de pasto disponible por fecha de muestreo se conformaron al ponderar la contribución de cada punto de la escala, según la frecuencia de aparición en la pastura.

Se determinó el contenido de materia seca (MS, método 934.01), materia orgánica (MO, 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).

Para calcular el contenido de N insoluble en detergente ácido y FDN se usó α -amilasa y se corrigió por contaminación con cenizas (aFDNmo) y FDA, según Goering y van Soest (1970).

Análisis estadístico. Se utilizaron modelos lineales del paquete estadístico SAS, versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC 2012).

Modelo general: $Y_{ijk} = \mu + E_i + S_j + (E \times S) + e_{ij}$, donde:

Y_{ijk} -variable de respuesta

μ - media general

E_i - manejo del pastoreo (i = encierro, pastoreo libre)

S_j - manejo de la suplementación (j = testigo, suplementado)

e_{ij} -error experimental

Para la determinación del PV, GMD y eficiencia de conversión del suplemento se utilizó el modelo GLM. El consumo de MS (pasto, suplemento y total), tasa de bocado y frecuencia respiratoria se analizó como medidas repetidas en el tiempo con el modelo MIXED.

Para la tasa de bocado y frecuencia respiratoria se consideró como efecto fijo el horario de muestreo. El comportamiento en pastoreo se analizó como medidas repetidas en el tiempo, al asumir una distribución binomial mediante el procedimiento GLIMMIX.

Para determinar el valor predicho de temperatura de las esferas de Vernom (BG) en sol y sombra, se usó el programa estadístico ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average). Se utilizaron los datos horarios y se ajustó el modelo estacional ARIMA hasta obtener en cada hora el valor predicho y el error estándar

means were compared using the bilateral t test.

Results and Discussion

Table 1 shows the average records of temperature, relative humidity, wind speed and solar radiation, taken from the meteorological station and Vernon spheres, as well as the average of the biometeorological indices (THI and THI fitted) for the historical series (2002-2018) and experimental period (2019).

Table 1. Climatological record and biometeorological indices corresponding to the experimental period and the historical series 2002-2018

	Year 2019 (January 16 to March 6)				Year 2002-2018 (January 16 to March 6)			
	Mean	SD	Maximum	Minimum	Mean	SD	Maximum	Minimum
Temperature, °C	23.3	3.4	28.9	16.7	24.0	2.8	33.1	15.2
Relative humidity, %	76.5	10.2	94.8	60.0	69.2	13.5	100.1	24.6
Winds speed, m/s	3.3	3.4	16.4	0.0	2.7	1.8	13.9	0.0
Radiation, W/m ²	251.6	80.3	354.7	52.8	267.8	95.3	307.5	0.0
THI	71.5	5.2	80.8	61.0	72.0	3.9	83.7	59.1
THI, fitted	68.4	13.5	84.3	19.6	70.6	7.2	86.1	31.0

SD: standard deviation

The values of temperature, humidity, and THI index were located within ± 1 deviation of the historical average value, and the year was located in an average year. The experimental period showed maximum temperature and humidity lower than the historical record and higher wind speed and solar radiation, which resulted in lower THI and THIfitted maximum. The average values of temperature were in the limits of the thermoneutral zone (0 to 25 °C), reported for taurid-type animals. The relative humidity was above the value that is considered acceptable (70 %), when the temperature is in the thermoneutral zone (Rondán *et al.* 2019).

The experimental period showed a lower percentage of days with normal THI (62.0 vs 67.2 %, THI ≤ 74) compared to the historical series. This involved a higher percentage of days with THI in the alert category (34.0 vs 30.4 %, THI $> 74 \leq 78$) and danger (38.0 vs 2.8 %; THI $> 78 \leq 84$), according to the climatic safety indicator for cattle (Eigenberg *et al.* 2005).

When analyzing the hourly distribution of the THI, in approximately 52 % of hours, the THI was between the values considered normal (THI ≤ 74), as 54 % corresponded to the night phase (21:00 to 7:00 h) and 46 % to the day phase (7:00 to 20:00 h).

The 95.3 % of the hours in which the THI indicator was in alert values (THI $> 74 \leq 78$) corresponded to the day phase, while the hourly distribution in emergency values (THI > 84) occurred between 11:00 and 18:00 h, which coincides with the time when the cattle remained in day confinement (10:00 - 16:00 h) and the two hours after their leave.

The BGTHI was lower in the shade than in the sun (73.2 vs 76.9 ± 1.1 , $P < 0.05$). The greatest differences

y comparar medias mediante la prueba t bilateral.

Resultados y Discusión

En la tabla 1 se presentan los registros promedios de temperatura, humedad relativa, velocidad de los vientos y radiación solar, tomados de la estación meteorológica y esferas de Vernon, así como el promedio de los índices biometeorológicos (ITH e ITH ajustado) para la serie histórica (2002-2018) y período experimental (2019).

Los valores de temperatura, humedad e índices de ITH se ubicaron dentro de ± 1 desvío del valor promedio histórico, y se situó el año en un año promedio. El período experimental presentó temperatura máxima y humedad inferior al registro histórico y mayor velocidad de vientos y radiación solar, lo que resultó en menor ITH e ITH ajustado máximo. Los valores promedio de temperatura se encontraron en los límites de la zona termoneutra (0 a 25 °C), informados para animales tipo taurido. La humedad relativa estuvo por encima del valor que se considera aceptable (70 %), cuando la temperatura se halla en la zona termoneutral (Rondán *et al.* 2019).

El período experimental mostró menor porcentaje de días con ITH normal (62.0 vs 67.2%, ITH ≤ 74) respecto a la serie histórica. Esto implicó mayor porcentaje de días con ITH en categoría de alerta (34.0 vs 30.4 %, ITH $> 74 \leq 78$) y peligro (38.0 vs 2.8 %; ITH $> 78 \leq 84$), según el indicador de seguridad climática para ganado (Eigenberg *et al.* 2005).

Al analizar la distribución horaria del ITH, aproximadamente en el 52 % de las horas, el ITH se encontró entre los valores considerados normales (ITH ≤ 74), al corresponder 54 % a la fase nocturna (9:00 p.m a 7:00 a.m) y 46 % a la fase diurna (7:00 a.m a 8:00 p.m).

El 95.3 % de las horas en que el indicador de ITH se halló en valores de alerta (ITH $> 74 \leq 78$) correspondió a la fase diurna, mientras que la distribución horaria en valores de emergencia (ITH > 84) se dio entre las 11:00 a.m y 6:00 p.m, lo que coincide con el horario en que el ganado permanecía en el encierro diurno (10:00 a.m – 4:00 p.m) y las dos horas posteriores a su salida.

El BGITH fue menor en la sombra que en sol (73.2 vs 76.9 ± 1.1 , $P < 0.05$). Se encontraron las mayores

were between 12:00 and 20:00h. In the shade as in the sun, the BGTHI was higher than 74 from 9:00 a.m. to 8:00 p.m. Reyes *et al.* (2018) stated that the access to shade reduces the impact of the heat load received by radiation. In this study, free-grazing animals received a higher incidence of solar radiation, thus increasing their head load throughout the day. Meanwhile, the treatment with day confinement carried out the last grazing section when the temperature was still high.

The respiratory rate (average daily value) of the animals with supplement did not depend on the grazing management carried out ($P = 0.696$). However, in the animals with supplement increased 24 % with respect to the animals without supplement (51.76 vs 67.90 ± 1.7 resp/min; $P = 0.003$). While the day confinement improved the respiratory rate 30 % with respect to free grazing (66.20 vs 53.46 ± 1.7 resp/min; $P = 0.006$). The reduction in the respiratory rate due to the confinement was higher in steers without supplement (78 vs 52 resp/min) with respect to those with supplementation (98 vs 78 resp/min).

Even though DDGS has a high content of ether extract, which contributes to the low heat increase (De Boever *et al.* 2014 and BCNRM 2016), the intake of energy foods and solar radiation continue to be the main causes of heat production (Brosh *et al.* 1998 and Rondán *et al.* 2019). Therefore, the activation of heat dissipation mechanisms by animals would be necessary, as it is the respiratory frequency (Amamou *et al.* 2019).

Table 2 and 3 show the effect of grazing management and the supplementation for the variables describing the grass condition and its use.

diferencias entre las 12:00 m y las 8:00 p.m. En la sombra como en el sol, el BGITH fue mayor a 74 desde las 9:00 a.m. hasta las 8:00 p.m. Reyes *et al.* (2018) plantearon que el acceso a sombra reduce el impacto de la carga de calor recibida por radiación. En este estudio, los animales en pastoreo libre recibieron mayor incidencia de la radiación solar, por lo que incrementaron su carga calórica durante todo el día. En tanto, el tratamiento con encierro diurno realizó la última sección de pastoreo cuando la temperatura aún era elevada.

La frecuencia respiratoria (valor promedio diario) de los animales con suplemento no dependió del manejo del pastoreo realizado ($P = 0.696$). Sin embargo, en los animales con suplemento aumentó 24 % con respecto a los animales sin suplemento (51.76 vs 67.90 ± 1.7 resp/min; $P = 0.003$). Mientras que el encierro diurno mejoró 30 % la frecuencia respiratoria con respecto a pastoreo libre (66.20 vs 53.46 ± 1.7 resp/min, $P = 0.006$). La reducción en la frecuencia respiratoria debido al encierro fue mayor en novillos sin suplemento (78 vs 52 resp/min) con respecto a los que tuvieron suplementación (98 vs 78 resp/min).

Aun cuando el DDGS tiene alto contenido de extracto etéreo, que contribuye al bajo incremento calórico (De Boever *et al.* 2014 y BCNRM 2016), la ingesta de alimentos energéticos y la radiación solar continúan siendo las principales causas de producción de calor (Brosh *et al.* 1998 y Rondán *et al.* 2019). Por tanto, sería necesaria la activación de los mecanismos de disipación de calor por parte de los animales como es la frecuencia respiratoria (Amamou *et al.* 2019).

En las tablas 2 y 3 se muestra el efecto del manejo del pastoreo y de la suplementación para las variables

Table 2. Effect of grazing management and supplementation in the biomass of available grass and entrance height.

Indicator	Available biomass, kg/ha	Entrance height, cm
Animals in confinement, without supplement	8758.5 ^{ab}	104.5 ^{ab}
Animals in confinement, with supplement	9709.2 ^a	117.7 ^a
Animals in free grazing, without supplement	8696.6 ^{ab}	107 ^{ab}
Animals in free grazing, with supplement	8173.5 ^b	99.6 ^b
SE ±	298.6	3.7
Significance	0.0296	0.0143

Different letters in rows show statistical difference to $P < 0.05$)

Table 3. Effect of grass management and the supplementation on the remaining biomass and the grass use

	Rejected biomass, kg/ha	Exit height, cm	Grass use, %
Animals in confinement	3018.25	33.88	66.75
Animals in free grazing	3624.00	44.44	53.88
SE ±	182.10	1.90	3.50
Significance	0.0783	0.0012	0.0600
Animals without supplement	2747.81	33.56	66.19
Animals with supplement	3894.44	44.75	54.44
SE ±	182.10	1.90	3.50
Significance	0.0112	0.0007	0.0765

The biomass and average height of the grass at the entrance to the grazing plot was 8834.5 ± 1383.8 kg/ha and 107.3 ± 18.4 cm in height, with the available grass being higher in the treatments with confinement with respect to those of free grazing, a response that depended on supplementation ($P < 0.05$)

The rejected biomass and its height were lower in the supplemented treatments, regardless of grazing management. There were not differences between treatments with the use of grass ($P > 0.05$) (table 3).

The grass accumulation rate was 105.4 ± 40.3 kg DM/d, which resulted in an effective grass allocation of 8.1 % LW. According to (Berreta *et al.* 2006), grazing with a grass allocation higher than 6 % does not restrict grass intake. In this study it seems that the available grass was not a limitation for intake, but it was for the grass quality (table 4), mainly due to its low protein content (8.9 % CP). Fernández *et al.* (2011) reported 16.52 % of crude protein for the first year of evaluation and 12.91 % for the second year in brown veined sorghum (BMR).

describiendo la condición de la pastura y su utilización.

La biomasa y altura promedio del pasto al ingreso a la parcela de pastoreo fue 8834.5 ± 1383.8 kg/ha y 107.3 ± 18.4 cm de altura, siendo mayor el pasto disponible en los tratamientos con encierro con respecto a los de pastoreo libre, respuesta que dependió de la suplementación ($P < 0.05$).

La biomasa de rechazo y su altura fueron menores en los tratamientos suplementados, independientemente del manejo del pastoreo. No se encontraron diferencias entre tratamientos con la utilización de pasto ($P > 0.05$) (tabla 3).

La tasa de acumulación del pasto fue de 105.4 ± 40.3 kg MS/d, lo que resultó en una asignación efectiva de pasto de 8.1 % PV. Según Berreta *et al.* (2006), el pastoreo con asignación de pasto mayor a 6 % no restringe el consumo del mismo. En este trabajo parece ser que el pasto disponible no fue una limitante para el consumo, pero sí para la calidad de la pastura (tabla 4), principalmente por su bajo contenido de proteína (8.9 % PC). Fernández *et al.* (2011) informaron 16.52 % de proteína bruta para el primer año de evaluación

Table 4. Chemical composition of DDGS, forage sorghum and resulting diets in each treatment

Chemical composition, % on dry basis	Available grass	DDGS	Diet without supplement	Diet with supplement	Diet with day confinement	Diet free grazing
DM	18.9	94.1	18.9	50.1	35.0	35.0
OM, ashes	13.0	4.7	13.0	9.6	11.1	11.1
CP	8.9	36.0	8.9	20.1	14.7	14.7
NDF	62.6	62.7	62.2	62.6	62.2	62.2
Ether extract	2.2*	6.6	2.2	4.0	3.1	3.1
NDT*	62.1	89.0	62.1	73.3	67.5	67.5
ME*, MJ/kg)	9.41	13.43	9.41	11.09	10.21	10.21

The diet was estimated from the proportion of the grazed biomass and supplement intake in the total diet.

* Values obtained from BCNRM (2016) table

In the analyzed variables, the response to DDGS supplementation did not depend on grazing management aimed at reducing heat stress in steers grazing forage sorghum ($P > 0.05$) (table 5).

The supplementation with DDGS at 1% of the LW increased the DMG 2.9 times with respect to the control. Even when grass intake decreased, total DM intake increased (0.9 kg/animal/d) and the daily contribution of metabolizable energy (ME 36 %) and metabolizable protein (MP 168 %) increased in relation to the control treatment.

The steers without supplement registered intake equivalent to 2.5 % of the LW. The estimation of the potential intake for Hereford steers according to CSIRO (2007), depending on their age and weight, would be in the order of 11 kg DM/d. However, the real predicted intake, when considering the availability and quality of the grass base used, would be limited to 37 %, due to the restriction imposed by the grass quality (0.63 potential intake value) and, to a lesser extent, due to the harvesting capacity associated with availability (estimated at 0.9 of

y 12.91 % para el segundo año en sorgo con nervadura marrón (BMR).

En las variables analizadas, la respuesta a la suplementación con DDGS no dependió del manejo del pastoreo dirigido a reducir el estrés por calor en novillos que pastorean sorgo forrajero ($P > 0.05$) (tabla 5).

La suplementación con DDGS al 1 % del PV incrementó 2.9 veces la GMD con respecto al testigo. Aun cuando disminuyó el consumo de pasto, aumentó el consumo total de MS (0.9 kg/animal/d) y se incrementó el aporte diario de energía metabolizable (EM 36 %) y proteína metabolizable (PM 168 %) con relación al tratamiento testigo.

Los novillos sin suplemento registraron consumo equivalente a 2.5 % del PV. La estimación del consumo potencial para novillos Hereford según CSIRO (2007), en función de su edad y peso, sería en el orden de los 11 kg MS/d. Sin embargo, el consumo real predicho, al considerar la disponibilidad y calidad de la base pastoril utilizada, estaría limitado en 37 %, debido a la restricción impuesta por la calidad de la pastura (0.63 del valor del consumo potencial) y, en menor medida, por la capacidad

Table 5. Effect of supplementation management and grazing management on dry matter intake, weight gain and supplement conversion efficiency

	Confinement	Free grazing	SE	Significance	Without supplementation	With supplementation	SE	Significance
DM intake of the grass, kg/a/d	5.06	5.07	0.16	0.97	6.05	4.09	0.16	0.001
DM intake of the supplement, kg/a/d	1.40	1.40	1.44	0.91	-	2.90	0.01	<0.001
DM intake of the total, kg/a/d	6.50	6.51	0.17	0.97	6.05	6.99	0.17	0.01
ME intake, MJ/d	16.01	16.02	0.39	0.97	13.6	18.4	0.39	0.001
Metabolizable protein intake, g/d	639.0	639.4	11.5	0.98	347.5	931.0	11.5	<0.0001
LW start, kg	261.7	265.0	1.84	0.07	263.7	263.0	1.84	0.59
LW end, kg	311.8	308.2	6.76	0.36	287.2	332.8	5.02	<0.0001
DMG, kg/a	0.92	0.93	0.05	0.74	0.46	1.39	0.05	<0.0001
Conversion efficiency of the supplement	-	-	-	-	-	3.1	0.13	0.53

potential intake), which yielded a value of 6.9 kg, similar to that estimated for steers without supplementation.

The substitution of grass for the supplement would have been in the order of 0.68 ± 0.09 , which shows the substitution-addition effect of the supplement. This substitution rate value would be lower than that reported by CSIRO (2007), according to the quantity and quality of the grass base and the supplement, which would be 0.81.

In steers- with supplement, a higher DM intake, associated with a higher concentration of protein in the diet with respect to the control (20.1 vs. 8.9), allowed to lift the restriction in the contribution of the diagnosed MP for the control, also increasing the contribution of ME (2.65 vs. 2.25) and with it, the daily gain. The nutritional evaluation of the BCNRM (2016) diet shows that, in the case of animals supplemented with DDGS, the maximum gain achieved was limited by the contribution of ME. Meanwhile, the contribution of MP exceeded by 60.4 % the requirements for the observed DMG.

The response to supplementation was 0.928 kg/d with supplement conversion efficiency of 3.1: 1, which was not affected by grazing management (table 3). This value represents an improvement with respect to that reported for this category on permanent grass, supplemented with corn grain at 1 % of LW (6: 1, 9: 1 and 45: 1) (Simeone and Beretta 2004 and Simeone and Beretta 2008) or on seasonal grasses (sorghum and sudan) and supplemented at 0.5 % of LW with soy expeller (conversion efficiency of 13: 1) or sunflower expeller (33: 1) (Montossi *et al.* 2017).

Low values of food conversion efficiency are explained by the high response in the LW gain in relation to the control without supplemented. This would be, to a large extent, the result of the increase in the intake of DM (15.5 %) and ME (36.6 %) estimated for steers. High LW gains, such as those achieved by supplementing, although they may have a higher energy cost per kilogram of LW gained, by increasing the proportion of fat in the gain in relation to the control (NRC 2000), they also contribute to dilute the relative weight of the maintenance expense, improving all growth efficiency (CSIRO 2007 and Larson *et al.* 2019).

The grazing management (table 6) did not affect the productive variables (LW, DMG, and CE) or DM intake ($P > 0.05$) (table 5), despite that, the environmental conditions would have been predisposing to heat stress. The effect of shade on weight gain has varied in feedlot animals (Mader *et al.* 1999 and Reyes *et al.* 2018), as well as in grazing animals. In Uruguay, for cattle that graze in natural fields with free access to shade, Simeone *et al.* (2010) reported a response around 0.250 kg/d. In confinement meadows with shade and water, Berreta *et al.* (2013) found improvement of 14 %. However, Rovira (2012) did not find significant effect of shade availability on beef cattle grazing Sudan grass; neither

de cosecha asociada a la disponibilidad (estimado en 0.9 del consumo potencial), que arrojó un valor de 6.9 kg, similar al estimado para novillos sin suplementación.

La sustitución del pasto por el suplemento habría sido en el orden de 0.68 ± 0.09 , lo que evidencia el efecto de sustitución-adición por parte del suplemento. Este valor de tasa de sustitución sería inferior a lo informado por CSIRO (2007), de acuerdo con la cantidad y calidad de la base pastoril y del suplemento, que sería de 0.81.

En los novillos con suplemento, un mayor consumo de MS, asociado a una mayor concentración de proteína en la dieta con respecto al testigo (20.1 vs. 8.9), permitió levantar la restricción en el aporte de PM diagnosticado para el testigo, aumentando además la contribución de EM (2.65 vs. 2.25) y con ello, la ganancia diaria. La evaluación nutricional de la dieta BCNRM (2016) evidencia que, en el caso de animales suplementados con DDGS, la ganancia máxima lograda estuvo limitada por el aporte de EM. En tanto, el aporte de PM excedió en 60.4 % los requerimientos para la GMD observada.

La respuesta a la suplementación fue de 0.928 kg/d con eficiencia de conversión del suplemento de 3.1:1, que no se afectó por el manejo del pastoreo (tabla 3). Este valor representa una mejora con respecto a lo informado para esta categoría sobre asociación de pastos permanentes, suplementadas con grano de maíz al 1 % de PV (6:1, 9:1 y 45:1) (Simeone y Beretta 2004 y Simeone y Beretta 2008) o sobre pastos temporales (sorgo y sudan) y suplementados al 0.5 % de PV con expeller de soja (eficiencia de conversión de 13:1) o expeller de girasol (33:1) (Montossi *et al.* 2017).

Bajos valores de eficiencia de conversión del alimento se explican por la alta respuesta en la ganancia de PV con relación al testigo sin suplementar. Esta sería, en gran parte, el resultado del aumento en el consumo de MS (15.5 %) y EM (36.6 %) estimado para novillos. Altas ganancias de PV, como las logradas al suplementar, si bien pueden presentar mayor costo energético por kilogramo de PV ganado, al aumentar la proporción de grasa en la ganancia con relación al testigo (NRC 2000), también contribuyen a diluir el peso relativo del gasto de mantenimiento, mejorando la eficiencia general del crecimiento (CSIRO 2007 y Larson *et al.* 2019).

El manejo del pastoreo no afectó las variables productivas (PV, GMD, EC) ni de consumo de MS ($P > 0.05$) (tabla 5), a pesar de que las condiciones ambientales habrían sido predisponentes al estrés térmico. El efecto de la sombra en la ganancia de peso ha variado en animales estabulados (Mader *et al.* 1999 y Reyes *et al.* 2018), así como en animales en pastoreo. En Uruguay, para vacunos que pastorean en campo natural con acceso libre a sombra, Simeone *et al.* (2010) informaron una respuesta en torno a 0.250 kg/d. En praderas con encierro con sombra y agua, Berreta *et al.* (2013) hallaron mejora de 14 %. Sin embargo, Rovira (2012) no encontró efecto significativo de la disponibilidad de sombra en ganado de carne que

Saravia (2009) in dairy cows (Holando and Jersey) that graze sorghum.

Taking into account that the high temperatures in Uruguay start from December (Cruz and Saravia 2008 and Rovira 2012), from the beginning of the season (summer) until the beginning of the experimental period (12/21/2018 - 1/15/2019), the average temperature recorded was 23.7 ± 4.1 °C, with 80.3 ± 12.4 % of humidity, estimating an average THI of 72.5. According to Bianca (1959), cattle begin to acclimatize in a period of two to seven weeks of exposure to heat, when temperatures vary from 28 °C to 45 °C. Therefore, it is possible that acclimatization has contributed to attenuate the stress of grazing cattle and reduce the productive response with regard to grazing management and access to shade.

The grazing performance, evaluated through the probability of finding animals that graze or are ruminating or resting during the observation period, was affected by the supplementation ($P < 0.05$). The grazing and rumination activities were higher in animals without supplement with respect to those supplemented ($P < 0.05$), they also had less resting time ($P < 0.05$), without affecting the average bite rate ($P > 0.05$).

pastorea Sudangras; tampoco Saravia (2009) en vacas lecheras (Holando y Jersey) que pastorean sorgo.

Teniendo en cuenta que las altas temperaturas en Uruguay comienzan desde diciembre (Cruz y Saravia 2008 y Rovira 2012), desde el comienzo de la estación (verano) hasta el comienzo de período experimental (21/12/2018 - 15/1/2019), la temperatura promedio registrada fue de 23.7 ± 4.1 °C, con 80.3 ± 12.4 % de humedad, estimándose un ITH promedio de 72.5. Según Bianca (1965), el ganado comienza a aclimatarse en un período de dos a siete semanas de exposición al calor, cuando las temperaturas varían de 28 °C a 45 °C. Por tanto, es posible que la aclimatación haya contribuido a atenuar el estrés del ganado en pastoreo y a reducir la respuesta productiva con respecto al manejo del pastoreo y el acceso a la sombra.

El comportamiento en pastoreo (tabla 6), evaluado por medio de la probabilidad de hallar animales que pastorean o que se encuentran rumiando o descansando durante el período de observación, se afectó por la suplementación ($P < 0.05$). Las actividades de pastoreo y rumia fueron mayores en animales sin suplemento con respecto a los suplementados ($P < 0.05$), además presentaron menor tiempo de descanso ($P < 0.05$), sin

Table 6. Effect of grazing management and supplementation on grazing, rumination, rest activity and bite rate

Activity	Day confinement	Free grazing	Significance	Without supplement	With supplement	Significance
Grazing	38.0 ± 0.01	42.9 ± 0.01	0.0911	46.9 ± 0.01	34.3 ± 0.01	0.0043
Rumination	23.1 ± 0.01	12.5 ± 0.008	0.0012	22.1 ± 0.01	13.1 ± 0.008	0.0023
Rest	31.9 ± 0.01	35.6 ± 0.01	0.0671	26.2 ± 0.009	42.0 ± 0.01	0.0004
Bite rate	12.7 ± 0.37	12.5 ± 0.37	0.7294	13.2 ± 0.37	12.0 ± 0.37	0.0261

It is possible that the animals with supplement have decreased energy expenditure, due to lower grazing and rumination activity, with no differences in the bite rate with respect to the control. Di Marco and Aello (2001) reported an increase in energy expenditure associated with the grass harvest (kJ/hour/LW^{0.75}), which, depending on the grass conditions, could vary between 16 and 52 %.

Grazing management affected only rumination ($P < 0.05$). It was observed that animals in confinement remained more time ruminating than those that were in free grazing, respectively (table 6). The bite rate was not affected by grazing management ($P > 0.05$) or by the time in which the measurement was made (7:00 a.m; 4:00 p.m).

The distribution of animal behavior activities varied throughout the day. In the first three hours of the morning, the animals without supplement increased grazing activity with respect to those supplemented (0.7 ± 0.04 vs 0.5 ± 0.04 ; $P = 0.02$), which remained longer at rest (0.1 ± 0.02 vs 0.3 ± 0.03 ; $P = 0.01$) with no differences in rumination (0.2 ± 0.03 vs 0.1 ± 0.02 ;

que se afectara la tasa de bocado promedio ($P > 0.05$).

Es posible que los animales con suplemento hayan disminuido el gasto energético, debido a menor actividad de pastoreo y rumia, sin diferencias en cuanto a la tasa de bocado con respecto al testigo. Di Marco y Aello (2001) informaron incremento del gasto energético asociado a la cosecha del pasto (kJ/hora/PV^{0.75}), que en dependencia de las condiciones de la pastura podría variar entre 16 y 52 %.

El manejo del pastoreo afectó solo la rumia ($P < 0.05$). Se observó que animales en encierro permanecieron más tiempo rumiando que los que se hallaban en pastoreo libre, respectivamente (tabla 6). La tasa de bocado no se afectó por el manejo del pastoreo ($P > 0.05$) ni por el horario en el que se realizó la medición (7:00 a.m., 4:00 p.m.).

La distribución de actividades de comportamiento animal varió en el transcurso del día. En las primeras tres horas de la mañana, los animales sin suplemento aumentaron la actividad de pastoreo con respecto a los suplementados (0.7 ± 0.04 vs 0.5 ± 0.04 ; $P = 0.02$), que permanecieron más tiempo en descanso (0.1 ± 0.02 vs 0.3 ± 0.03 ; $P = 0.01$) sin diferencias en la rumia

$P=0.08$). Then, in the late afternoon, the animals without supplement continued with higher grazing activity with respect to the supplemented animals (0.9 ± 0.02 vs 0.8 ± 0.03 ; $P=0.01$).

The grazing management had no effect on grazing, rumination or rest activity in the first morning session ($P>0.05$). However, at the exit of the confinement, the steers in confinement compensated the shorter access time to the grass with higher grazing activity compared to the steers in free grazing (0.9 ± 0.02 vs 0.6 ± 0.02 ; $P<0.0001$), without verify differences in the remaining activities ($P>0.05$). The increased time spent grazing is the main mechanism by which cattle respond to restrictions on access time to grass during the next time available for grazing (Gregorini *et al.* 2009 and Mattiauda *et al.* 2013). It occurs mainly in the early morning and during the afternoon around to get dark, being longer and more intense at dark (Gregorini *et al.* 2007).

The day confinement of the animals between 10:00 a.m and 4:00 p.m did not affect the daily grass intake. However, it modified the grazing pattern during the time of access to the grass with respect to what was observed in animals in free grazing. These results agree with those reported by Gregorini *et al.* (2009) and Beretta *et al.* (2013), who did not report differences in intake, but did report higher grazing activity in animals with grazing restriction.

Conclusions

Hereford steers, grazing forage sorghum with an 8 % LW supply, show limited growth due to the daily contribution of metabolizable protein. Supplementation with DDGS at 1 % LW improves productive performance with an increase of 2.9 times the DMG and efficiency of 3.1 kg of supplement for each kg of LW. This response is independent of grazing management and access to shade.

The confinement with shade and water, between 10 and 16 h, improves the heat comfort of steers that graze forage sorghum. This management does not affect the daily grass intake and an increase in grazing activity is observed at the exit of confinement, which compensates for the shorter access time to the grass with respect to what is recorded in animals in free grazing, without access to shadow.

Acknowledgments

Thanks to the Agencia Nacional de Investigación (ANII), since the study that gives rise to the results showed in this study received funds from the Agencia Nacional de Investigación e Innovación (code POS_NAC_2018_1_151160).

Gratitude to the Facultad de Agronomía de la Universidad de la República de Uruguay, headquarters of this experimentation, as well as to the Instituto de Ciencia Animal (ICA) of the Republic of Cuba, for the

(0.2 ± 0.03 vs 0.1 ± 0.02 ; $P=0.08$). Luego, en las últimas horas de la tarde, los animales sin suplemento continuaron con mayor actividad de pastoreo con respecto a los animales suplementados (0.9 ± 0.02 vs 0.8 ± 0.03 ; $P=0.01$).

El manejo de pastoreo no tuvo efecto en la actividad de pastoreo, la rumia o el descanso en la primera sesión de la mañana ($P>0.05$). Sin embargo, a la salida del encierro, los novillos en encierro compensaron el menor tiempo de acceso a la pastura con mayor actividad de pastoreo respecto a los novillos en pastoreo libre (0.9 ± 0.02 vs 0.6 ± 0.02 ; $P<0.0001$), sin que se constataran diferencias en las actividades restantes ($P>0.05$). El aumento del tiempo dedicado a pastar constituye el mecanismo principal por el cual el ganado responde a las restricciones en el tiempo de acceso a la pastura durante el próximo tiempo disponible para pastoreo (Gregorini *et al.* 2009 y Mattiauda *et al.* 2013). Ocurre principalmente temprano en la mañana y durante la tarde próxima al anochecer siendo más largo e intenso al anochecer (Gregorini *et al.* 2007).

El encierro diurno de los animales entre las 10:00 y 16:00 h no afectó el consumo diario de pasto. Sin embargo, modificó el patrón del pastoreo durante el tiempo de acceso a la pastura con respecto a lo que se observó en animales en pastoreo libre. Estos resultados concuerdan con los informados por Gregorini *et al.* (2009) y Beretta *et al.* (2013), quienes no informaron diferencias en consumo, pero sí mayor actividad de pastoreo en los animales con restricción del pastoreo.

Conclusiones

Los novillos Hereford, que pastorean sorgo forrajero con oferta de 8 % de PV, muestran un crecimiento limitado por el aporte diario de proteína metabolizable. La suplementación con DDGS al 1 % de PV mejora el comportamiento productivo con aumento de 2.9 veces la GMD y eficiencia de 3.1 kg de suplemento por cada kg de PV. Esta respuesta es independiente del manejo del pastoreo y el acceso a la sombra.

El encierro con sombra y agua, entre las 10:00 a.m y 4:00 p.m, mejora el confort térmico de novillos que pastorean sorgo forrajero. Este manejo no afecta el consumo diario de pasto y se observa aumento de la actividad de pastoreo a la salida del encierro, lo que compensa el menor tiempo de acceso a la pastura con respecto a lo que se registra en animales en pastoreo libre, sin acceso a la sombra.

Agradecimientos

Se agradece a la Agencia Nacional de Investigación (ANII), ya que el estudio que da origen a los resultados expuestos en la presente publicación recibió fondos de la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (código POS_NAC_2018_1_151160).

Se expresa gratitud a la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República de Uruguay, sede de esta experimentación, así como al Instituto de Ciencia Animal (ICA) de la República de Cuba, por el apoyo y confianza

support and trust for the realization of this study

para la realización de dicho el desarrollo de este trabajo.

Conflict of interest

The authors declare that there are not conflicts of interests in this study

Author's contribution

Dainelis Casanova: Investigation, Data curation, Supervision, Writing – original draft

Virginia Beretta: Conceptualization, Methodology, Writing – original draft

Celmira Saravia: Data curation, Investigation

Oscar Bentancur: Formal Analysis

E. M. Tagliani: Data curation

M. Taño: Data curation

A. Simeone: Conceptualization, Investigation, Methodology, Writing – original draft

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses en la presente publicación.

Contribuciones de los autores

Dainelis Casanova: Investigación, Curación de datos, Supervisión, Redacción – borrador original.

Virginia Beretta: Conceptualización, Metodología, Redacción – borrador original.

Celmira Saravia: Curación de datos, Investigación

O. Bentancur: Análisis formal

E. Matias Tagliani: Curación de datos

M. Taño: Curación de datos

A. Simeone: Conceptualización, Investigación, Metodología, Redacción – borrador original.

References

- Amamou, H., Beckers, Y., Mahouachi, M., & Hammami, H. 2019. "Thermotolerance indicators related to production and physiological responses to heat stress of holstein cows". *Journal of Thermal Biology*, 82: 90-98. ISSN: 0306-4565. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2019.03.016>.
- AOAC International (Association of Official Analytical Chemists). 1990. *Official Methods of Analysis*. Arlington, VA: AOAC International.
- AOAC International (Association of Official Analytical Chemists). 2007. *Official Methods of Analysis*. Arlington, VA: AOAC International. 98.13.
- BCNRM (Beef Cattle Nutrient Requirements Model). 2016. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 8th ed. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Berbigier, P. 1988. *Bioclimatologie des ruminants domestiques en zone tropicale*. Paris. INRA. 237 p.
- Beretta, V., Simeone, A. & Bentancur, O. 2013. "Manejo de la sombra asociado a la restricción del pastoreo: efecto sobre el comportamiento y performance estival de vacunos". *Agrociencia*, 17(1): 131-140, ISSN: 2301-1548.
- Beretta, V., Simeone, A., Elizalde, J.C. & Baldi, F. 2006. "Performance of growing cattle grazing moderate quality legume grass temperate pastures when offered varying forage allowance with or without grain supplementation". *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46 (7): 793–797, ISSN: 1446-5574. <https://doi.org/10.1071/EA05331>.
- Bianca, W. 1965. "Reviews of the progress of dairy science. Section A Physiology. Cattle in a hot environment". *Journal of Dairy Research*. 32(3): 291 – 345, ISSN: 1469-7629. <https://doi.org/10.1017/S0022029900018665>.
- Brosh, A., Aharoni, Y., Degen, A.A., Aright, D. & Young, B.A. 1998. "Effects of solar radiation dietary energy and time of feeding on thermoregulatory responses and energy balance in cattle in a hot environment". *Journal of Animal Sciences*, 76(10): 2671-2677, ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/1998.76102671x>.
- CSIRO. 2007. *Nutrient requirements of domesticated ruminants*. ISBN: 0643092625. 9780643092624. Available: *Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants - CSIRO - Google Libros*
- Cruz, G. & Saravia, C. 2008. "Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay". *Agrociencia*, 12(1): 56-60, ISSN: 2521-9766.
- 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, ISSN: 1751-7311. <https://doi.org/10.1017/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, ISSN: 1678-4162.
- Eigenberg, R.A., Brandl, T.M., Nienaber, J.A. & Hahn, G.L. 2005. "Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle: Part II. Predictive relationships". *Biosystems Engineering*, 91(1): 111-118, ISSN: 1537-5110. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2005.02.001>.
- Forbes, T.D.A. 1988. "Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behavior in gazing animals". *Journal of Animal Sciences*, 66(9): 2369 – 2379, ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/jas1988.6692369x>.
- Goering, H.K. & Van Soest, P.J. 1970. *Forage fibre analyses (apparatus. reagents. procedures and some applications)*. Washington: U.S. Agricultural Research Service. 20p. (*Agriculture handbook*; 379).
- 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, ISSN: 1525-3198. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2322>.
- 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, pages 23-26*
- Haydock, K.P. & Shaw, N.H. 1975. "The comparative yield method for estimating dry matter yield of pastures". *Australian*

- Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry, 15: 663-670, ISSN: 0045-060X. <http://dx.doi.org/10.1071/EA9750663>.
- Iram, A., Cekmecelioglu, D. & Demirci, A. 2020. "Distillers' dried grains with solubles (DDGS) and its potential as fermentation feedstock". *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104: 6115–6128. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10682-0>.
- Mader, T.L., Davis, M.S. & Brown-Brandl, T. 2006. "Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle". *Journal of Animal Sciences*, 84(3): 712-719, ISSN: 1525-3163. <https://doi.org/10.2527/2006.843712x>.
- Mader, T.L., Gaughan, J.B., Young, B.A., Albin, R. & Howes, A.D. 1999. "Feedlot diet roughage level for Hereford cattle exposed to excessive heat load". *The Professional Animal Scientist*, 15(1): 53-62, ISSN: 1080-7446. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)31724-1](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)31724-1).
- Mattiauda, D.A., Tamminga, S., Gibb, M.J., Soca, P., Bentancur, O. & Chilibroste, P. 2013. "Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: ingestive behaviour dry matter intake and milk production". *Livestock Science*, 152: 53–62. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2012.12.010>.
- 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. ISSN: 1688-9266.
- 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>.
- Reyes, J., Herrera, M., Maquina, J.R., Enjoy, D.D. & Pinto-Santini, L. 2018. "Ambiente físico y respuesta fisiológica de ovinos bajo sombra en horas de máxima radiación". *Archivos de Zootecnia*, 67(259): 318-323.
- Ríos Moyano, D.K.R., Conde Pulgarín, A.C. & Ríos Moyano, C.F.R. 2021. "Productividad y sostenibilidad del cultivo de sorgo forrajero como alternativa para la alimentación de rumiantes". *Revista del Centro de Investigación de la Universidad la Salle*, 14(56): 163-190. ISSN: 1665-8612. <http://doi.org/10.26457/recein.v14i56.2807>.
- NRC (National Research Council). 2000. *Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition*. Washington DC. USA. National Academy Press. 242
- Rondán, G.A., Michelin, C.I., Brizuela, A.B., Maltese, N., Kemerer, A. & Aguirre, C. 2019. "Characteristic of the temperature and humidity index modified by wind and radiation in Entre Ríos, Argentina". *Revista Argentina de Agrometeorología*, X: 49-57. ISSN: 2545-8418.
- Rovira, P. 2012. *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay*. Serie técnica 202. Instituto Nacional De Investigación Agropecuaria. INIA. ISSN: 1688-9266.
- Saravia, C. 2009. *Efecto del estrés calórico sobre las respuestas fisiológicas y productivas de vacas Holando y Jersey*. Tesis de maestría en Ciencias Agrarias opción Producción animal. Facultad de agronomía. UDELAR. Uruguay. Available: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1791/1/0026sar.pdf>.
- Simeone, A. 2000. "Producción Intensiva de Carne (II)". *Revista Fucrea*, 205: 16 - 19.
- Simeone, A. & Beretta, V. 2004. *Uso de alimentos concentrados en sistemas ganaderos. ¿Es buen negocio suplementar al ganado?* In: *Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne*. Estación Experimental M. A. Cassinoni. Paysandú. p10-17. Available: <http://www.fagro.edu.uy/~eemac/>. Consulted: July 28, 2020.
- Simeone, A. & Beretta, V. 2008. *Una década de investigación para una ganadería más eficiente*. 10ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de Carne. UPIC. Facultad de Agronomía. UDELAR. EEMAC.
- Simeone, A., Beretta, V. & Caorsi, C.J. 2010. "Efecto de la sombra natural sobre la performance estival de vaquillonas pastoreando campo natural de áreas forestadas". *Agrociencia*, 14: 137. ISSN: 2521-9766.
- Trujillo, A.I., Bruni, M. & Chilibroste, P. 2017. "Nutrient content and nutrient availability of sorghum wet distiller's grain in comparison with the parental grain for ruminants". *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(8): 2353-2357. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8046>.
- Zavala-Borrego, F., Reyes-González, A., Álvarez-Reyna, V.D.P., García-Carrillo, M., Rodríguez-Moreno, V.M. & Preciado-Rangel, P. 2021. "Efecto de diferentes niveles de evapotranspiración sobre área foliar, temperatura superficial, potencial hídrico y rendimiento en sorgo forrajero". *Terra Latinoamericana*, 39: 1-14. e954, <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.954>.

Received: July 21, 2022

Accepted: September 29, 2022