



UNIVERSIDAD  
DE LA REPÚBLICA  
URUGUAY

# **Efecto de la suplementación con DDGS y el encierro diurno sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero**

Dra. MVZ. Dainelis CASANOVA RIVERA

Magíster en Ciencias Agrarias  
opción Ciencias Animales

Diciembre 2020

Tesis aprobada por el tribunal integrado por Ing. Agr. Pablo Chilibroste PhD (Presidente); Ing. Agr. José Velazco PhD (Vocal); Ing. Agr. Pablo Rovira PhD (Vocal); el 18 de diciembre de 2020. Autora: Dra. MVZ. Dainelis Casanova. Director: Ing. Agr. Álvaro Simeone PhD, Co-directora: Ing. Agr. Dra. Virginia Beretta.

*Dedico este trabajo a mi hijo Yans Julio. Porque las batallas pueden ser duras, pero no te impiden pelear; las piedras del camino pueden ser difíciles, pero no dejes de caminar. “Todo va por ti”*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Álvaro Simeone y Virginia Beretta por la guía y apoyo durante todo este arduo trabajo.

A la Facultad de Agronomía por abrirme sus puertas y permitirme crecer académica y profesionalmente. En especial a la Catedra de Bovinos de Carne y equipo técnico de la UPIC.

Al Instituto de Ciencia Animal (ICA), en especial al Dpto. de Manejo y alimentación de rumiantes, por la responsabilidad y confianza que depositaron en mí.

A la Agencia Nacional de Investigación (ANII) por la beca recibida para la realización de la maestría.

A Celmira Saravia y a Oscar Bentancur por la colaboración y apoyo.

A los tesisistas Mauro y Matías por el trabajo y la ayuda durante todo el período experimental.

A los trabajadores de ganadería por el apoyo y horas de ayuda.

A las chicas del Sapo (nombre de la vivienda) por ser mi familia uruguaya durante toda mi estadía y la que me llevo para Cuba.

A mi familia en Cuba por su aliento, espera y paciencia para conmigo.

## TABLA DE CONTENIDO

PÁGINA DE APROBACIÓN .....	II
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN .....	XIII
SUMMARY .....	IX
<u>1. INTRODUCCIÓN</u> .....	1
1.1. LA RECRÍA EN URUGUAY .....	3
1.2. PROBLEMÁTICA DEL VERANO EN SISTEMAS PASTORILES.....	4
<u>1.2.1. Características de la pastura</u> .....	4
<u>1.2.2. Estrés térmico</u> .....	5
<u>1.2.3. Suplementación</u> .....	7
1.3. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA LA ÉPOCA ESTIVAL .....	9
<u>1.3.1. Verdeos de verano</u> .....	9
<u>1.3.2. Sombra y/o pastoreo restringido</u> .....	10
<u>1.3.3. Granos de destilería (DDGS)</u> .....	11
1.4. HIPÓTESIS.....	13
1.5. OBJETIVO GENERAL.....	14
<u>1.5.1. Objetivos específicos</u> .....	14
<u>2. MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	15
2.1. EXPERIMENTO I. ....	15
<u>2.1.1. Animales, tratamientos y diseño experimental</u> .....	15
<u>2.1.2. Manejo experimental</u> .....	15
<u>2.1.3. Muestreos y mediciones</u> .....	16
<u>2.1.4. Ambiente meteorológico e indicadores de estrés por calor</u> .....	17
<u>2.1.5. Variables calculadas</u> .....	18
<u>2.1.6. Análisis químico</u> .....	19
<u>2.1.7. Análisis estadístico</u> .....	19
2.1.7.1 Comportamiento en pastoreo.....	20
2.1.7.2. Indicadores de estrés térmico.....	20
2.2. EXPERIMENTO II.....	22

<u>2.2.1. Animales, tratamientos y diseño experimental</u> .....	22
<u>2.2.2. Parámetros de la fermentación ruminal y degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la MS y FDN</u> .....	23
2.2.2.1 Determinación de pH y amonio ruminal.....	24
<u>2.2.3 Digestibilidad aparente</u> .....	24
<u>2.2.4. Análisis químico</u> .....	25
<u>2.2.5. Análisis estadístico</u> .....	26
2.2.5.1. pH y concentración de amonio.....	26
2.2.5.2. Degradabilidad.....	27
2.2.5.3. Digestibilidad.....	27
<u>3. RESULTADOS</u> .....	299
3.1. EXPERIMENTO I. ....	299
<u>3.1.1. Ambiente meteorológico e indicadores de estrés por calor</u> .....	299
3.1.1.1. Olas de calor.....	32
3.1.1.2. Frecuencia respiratoria.....	33
<u>3.1.2. Biomasa forrajera y utilización</u> .....	377
<u>3.1.3. Consumo, crecimiento y eficiencia de conversión del suplemento</u> .....	388
<u>3.1.4. Comportamiento en pastoreo</u> .....	40
3.2. EXPERIMENTO II.....	422
<u>3.2.1. Biomasa, consumo y comportamiento en pastoreo</u> .....	422
<u>3.2.2. Parámetros de la fermentación ruminal y degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la MS y la FDN</u> .....	444
3.2.2.1. pH y nitrógeno ruminal.....	44
3.2.2.2. Degradabilidad ruminal <i>in situ</i> de la MS y la FDN.....	45
3.2.2.3. Digestibilidad aparente de la dieta.....	47
<u>4. DISCUSIÓN</u> .....	488
4.1. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON DDGS SOBRE LA RESPUESTA ANIMAL Y EFICIENCIA DE USO DEL ALIMENTO .....	488
4.2. EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO .....	555
<u>5. CONCLUSIONES</u> .....	599
<u>6. BIBLIOGRAFÍA</u> .....	60

7. ANEXO “Efecto de la suplementación con granos de destilería y el encierro diurno sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum, spp.*) durante el verano ..... 79

## RESUMEN

Se realizaron dos trabajos durante el verano, en el Litoral Oeste de Uruguay, sobre 6 ha de sorgo forrajero para evaluar el efecto de la suplementación con granos de destilería (DDGS) y del encierro diurno con sombra sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero. El experimento I. contó con cuarenta y ocho novillos Hereford ( $267 \pm 29,5$  kg), asignados al azar a cuatro tratamientos en arreglo factorial 2 x 2: 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 una asignación de 8 kg de materia seca (MS) de forraje cada 100 kg de PV y se suplementó con DDGS a razón de 1 kg MS/100 kg PV. Entre las 10:00 h a 16:00 h los animales con encierro diurno se retiraron de la pastura a un corral próximo provisto de agua y sombra artificial. En el experimento II. cuatro novillos Hereford ( $793 \pm 73$  kg PV) provistos de cánula ruminal fueron asignados al azar a dos tratamientos: pastoreo sin suplementación o suplementando con DDGS, ambos con encierro diurno, en un diseño *crossover*, con 2 períodos de 14 días. El manejo fue igual al descrito para los animales con encierro en el experimento I. La suplementación con DDGS mejoró el comportamiento productivo independientemente del manejo del pastoreo utilizado. La suplementación aumentó el consumo de MS, duplicó las ganancias de peso vivo, con 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). La suplementación aumentó la concentración de N<sub>NH4</sub> y disminuyó el pH ruminal, la degradabilidad efectiva de la fibra y digestibilidad de la MS y FDN, aun así, los valores se encontraron dentro de los reportados por la literatura. El encierro diurno mejoró el confort de los animales, no afectó el consumo de MS, ni la actividad de pastoreo, pero no expresó una mejora en ganancia de peso.

**Palabras clave:** vacunos, pastoreo, suplementación, eficiencia de conversión, estrés térmico



## **EFFECT OF DDGS SUPPLEMENTATION AND DAYTIME RUNNING ON THE PRODUCTIVE PERFORMANCE OF HEREFORD STEERS GRAZING FORAGE SORGHUM**

### **SUMMARY**

Two studies were carried out during summer in the NW of Uruguay, on 6 ha of forage sorghum, to evaluate the effect of supplementation with distillers grains (DDGS) and the access to shade during part of daytime on the productive behavior of Hereford steers grazing forage sorghum. In Experiment I. 48 Hereford steers ( $267 \pm 29,5$  kg) were randomly assigned to four treatments in a 2 x 2 factorial arrangement: free grazing without supplement; free grazing with supplement; daytime confinement without supplement; and daytime confinement with supplement (n = 2,6 steers/ repetition). Pasture was grazed in weekly paddocks with an herbage allowance of 8 kg of dry matter (DM) per 100 kg of live weight (LW). Supplemented treatments steers were offered 1 kg DM / 100 kg LW of DDGS. The animals with daytime confinement were removed from pasture from 10:00 a.m. to 4:00 p.m., to a nearby pen provided with water and artificial shade. In experiment II. four cannula Hereford steers ( $793 \pm 73$  kg LW) were randomly assigned to two treatments: grazing without supplementation or supplemented with DDGS, both with daytime confinement, in a crossover design with 2 periods of 14 days. The management was the same as the described for confined animals in experiment I. Supplementation with DDGS improved productive performance regardless of grazing management. Supplementation increased DM intake and doubled live weight gains, with a weight gain response of 0.928 kg / d, and supplement conversion efficiency of 3.1: 1 (supplement intake, kg / daily weight gain, kg). Supplementation increased N<sub>NH4</sub> concentration and decreased ruminal pH, fiber effective degradability and DM and NDF digestibility, even so values were within those reported in the literature. Daytime confinement improved animal comfort, however it did not affect DM intake neither grazing activity, and did not express any improvement in weight gain.

**Key words:** beef cattle, grazing, supplementation, e feed efficiency, heat stress

## 1. INTRODUCCIÓN

En Uruguay durante el verano, el ganado vacuno en engorde pastoreando campo natural y/o pasturas sembradas, registra un marcado descenso en productividad en relación a lo logrado en primavera (Simeone, 2000). La baja producción y calidad de las pasturas (Carámbula, 2007) junto al ambiente meteorológico adverso, caracterizado por el elevado Índice de Temperatura y Humedad (ITH) (Thom 1959, Cruz y Saravia 2008), son factores determinantes para pérdidas productivas, expresadas en, menor ganancias de peso vivo (GMD), reducción de consumo, incremento de requerimientos de mantenimiento, peor eficiencia de conversión y menor producción de carne por unidad de área (Finch 1986, Gaughan *et al.* 2008).

El uso de verdeos y la suplementación (Montossi *et al.*, 2017), la restricción del tiempo de acceso a la pastura asociado al encierro con sombra artificial y agua en vacunos pastoreando praderas (Beretta *et al.*, 2013) y verdeos (Rovira, 2012), así como el libre acceso a sombra natural en áreas forestales del ganado pastoreando campo natural (Simeone *et al.*, 2010a), han sido, estrategias utilizadas indistintamente en Uruguay para mejorar el comportamiento productivo estival en ganado de carne e intentar disminuir los efectos adversos del estrés calórico.

El acceso a sombra reduce la radiación absorbida y por lo tanto la carga calórica de los animales (Gaughan *et al.* 2010, Blackshaw y Blackshaw 1994), mejorando variables fisiológicas como frecuencia respiratoria y temperatura rectal (Mader *et al.* 2006, Beatty *et al.* 2006, Gaughan *et al.* 2010, Rovira 2012). Esta medida de manejo, conjuntamente con la restricción del tiempo de acceso al pastoreo durante las horas de mayor radiación, se ha reportado que redujo en 27,3% los requerimientos de energía metabólica para mantenimiento sin afectar el consumo de alimento (Beretta *et al.*, 2013).

Las altas temperaturas y déficit hídricos en el período estival, afectan negativamente la productividad de las pasturas y su valor nutritivo (Cakir 2004, Carámbula 2007, Giménez 2012). El sorgo forrajero es una alternativa viable para la época estival por

ser una especie C4, con mayor tolerancia a periodos de déficits hídricos, con profuso macollaje y gran capacidad adaptativa ante los distintos sistemas de manejo que aporta altos volúmenes de forraje de calidad (Fassio *et al.*, 2002).

El valor nutritivo del sorgo forrajero mejora con respecto a las pasturas perennes (Ademosum *et al.*, 1968) y a su vez, mejora entre los genotipos de sorgo por la presencia de gen BMR (Krause *et al.* 2003, McCuistion *et al.* 2011). Aun así, la digestibilidad de los mismos, tiende a ser de moderada a baja (Vargas, 2005), por el bajo nivel de proteína y alto contenido de fibra (Restle *et al.* 2002, Murray *et al.* 2010). Esto podría, limitar el consumo de materia seca y las ganancias de peso esperables (Aello y Di Marco, 2004), si se utilizan como alimento único en ganado en desarrollo.

A nivel nacional Montossi *et al.* (2017), utilizaron diferentes suplementos energéticos y proteicos (expeller de girasol, expeller de soja, afrechillo de arroz y grano de maíz) en vacunos que pastoreaban sorgo forrajero, sin embargo, las ganancias fueron inferiores a 1 kg de peso vivo (PV) con respuestas moderadas y variadas. El uso de granos de cereales como fuente de energía en la suplementación sobre verdeos de verano podría no ser la mejor opción. Raposo y Tobias (2015), plantean que la mayoría de los granos contienen altas cantidades de carbohidratos no estructurales principalmente almidón que en pequeñas cantidades son fuente rica de energía, pero Church (1988), el aumento de almidón en la dieta promueve la acidificación del pH ruminal, afectando la eficiencia de síntesis microbiana Firkins (1996), lo que podría afectar negativamente la degradabilidad de la fibra.

Los granos secos de destilería más solubles (DDGS) son suplementos proteicos no almidonosos producto de la molienda e hidrólisis del almidón (Liu, 2011) con un alto valor nutritivo (29,5% proteína cruda, 3,18 energía metabolizable Mcal/kg) (NRC, 1996). Su concentración de nutrientes es tres veces la concentración en el grano que le dio origen (Klopfenstein *et al.* 2008, Trujillo *et al.* 2017). La suplementación con DDGS en animales en pastoreo como fuente de proteína de lenta degradación ruminal y fuente de energía derivada de grasas y fibra de alta digestibilidad

(Westreicher-Kristen *et al.* 2013, De Boever *et al.* 2014) podría ser una alternativa de mayor impacto productivo (MacDonald *et al.* 2007, Larson *et al.* 2019) que ha sido poco estudiada a nivel nacional en condiciones pastoriles.

Si bien la restricción del pastoreo con acceso a sombra, la utilización de verdeos de verano y la suplementación estival han sido estudiados en forma separada como efectos principales en la mejora de la productividad del ganado de carne en Uruguay, existe poca información sobre el diseño de estrategias que combinen esas alternativas en forma conjunta. El pastoreo de verdeos de verano asociado a estrategias de encierre para minimizar el stress calórico combinado con suplementación con alimentos no convencionales no almidonosos y ricos en grasa, como es el caso del DDGS, podría constituir una práctica que mejore significativamente la productividad animal durante el verano en sistemas de engorde de tipo pastoril.

### **1.1. LA RECRÍA EN URUGUAY**

Para el año agrícola 2017/ 2018 la existencia ganadera en Uruguay fue de 11,5 millones de vacunos, con una producción de 1,099 mil toneladas de carne vacuna, en una superficie total 14,1 millones de ha para pastoreo, de ellas, el 81,9% es campo natural y 18,1% constituyen pasturas mejoradas (DIEA, 2019). Sin embargo, el alto costo de oportunidad de la tierra, la elevada competitividad entre rubros (agricultura, forestación) y la ocurrencia de eventos climáticos atípicos han llevado a la ganadería de Uruguay a analizar alternativas productivas que les permita mantener la actividad ganadera con la mayor productividad posible (FUCREA, 2018).

Mejorar el proceso de cría y engorde es el eslabón fundamental para aumentar la producción de carne por unidad de superficie y la ganancia individual, calidad de producto y su proyección positiva sobre el ingreso y la calidad de vida de los productores (Simeone y Beretta 2008, Montossi *et al.* 2017, FUCREA 2019).

Las estrategias productivas de sistemas invernadores en Uruguay, se caracterizan por mantener una baja carga animal durante el verano. Información de predios comerciales en el litoral oeste del Uruguay (Simeone, 2001), señala que las empresas

con mejor resultado económico mantienen una carga estival 12% inferior a la carga promedio anual. Esta estrategia de ajuste estacional de la carga en el verano no se refleja en una mayor performance individual (Simeone, 2001), sugiriendo que podrían existir otros factores operando como limitantes a la productividad. Existen evidencias señalando que, aun cuando se manejan bajas cargas sobre pasturas sembradas con asignaciones de forraje desde 6 hasta 12 kg de materia seca/ 100 kg de peso vivo, el ganado vacuno no supera los 600-700 g/animal/día (Simeone y Beretta 2004, Simeone y Beretta 2008, Simeone *et al.* 2010b, Simeone *et al.* 2016). Se podría decir que las ganancias de peso de ganado vacuno en pastoreo se encuentran estacionalizadas (Simeone y Beretta, 2008), dada las diferencias en calidad (Ustarroz y De Leon, 1999) y variabilidad en crecimiento y rendimientos de las pasturas, asociado a las características climatológicas del país (Bettolli *et al.*, 2010).

La búsqueda de alternativas que contribuyan a la mejora de la performance animal durante el verano e incrementen la eficiencia de la recría y engorde durante esa estación, constituye un elemento clave para la mejora del resultado físico y económico en sistemas ganaderos del Uruguay.

## **1.2. PROBLEMÁTICA DEL VERANO EN SISTEMAS PASTORILES**

### **1.2.1. Características de la pastura**

Durante el período estival las varianzas en los rendimientos de la pastura están explicadas por las variaciones climatológicas, el efecto conjunto de las variables climáticas explica entre el 36% y 86% de la variabilidad en el crecimiento de la pastura (Bettolli *et al.*, 2010). Se destaca la deficiencia hídrica como uno de los principales factores que afectan los rendimientos de los cultivos (Giménez y García, 2011), así como, mayores temperaturas implican mayores niveles de evapotranspiración (Bettolli *et al.*, 2010) y mayor estrés hídrico (Giménez, 2012).

No solo hay variación en cuanto a la producción y crecimiento del forraje sino además en calidad. Los forrajes de verano se caracterizan por tener un mayor

contenido de pared celular (celulosa y hemicelulosa), bajo contenido de proteína y alto contenido de fibra (Carámbula, 2007). La baja concentración de nutrientes puede ser una limitante para el desarrollo de la microbiota ruminal (Dixon y Stockdale, 1999). La digestibilidad del forraje está definida por la degradación de la pared celular, para lo que se necesita una microbiota específica de tipo celulolítica (Church 1988, Ustarroz y De Leon 1999). Debido al bajo nivel de proteína en el forraje se generan bajos niveles de  $\text{NH}_3$  en rumen, que podría limitar el crecimiento de la microbiota (Elizalde 1999, Raposo *et al.* 2015).

En las pasturas donde la fibra detergente neutra (FDN) es superior al 45-50%, como es el caso de las pasturas de verano, el consumo de forraje tiende a disminuir (Ustarroz y De Leon, 1999) asociado al mecanismo de regulación física en respuesta a la capacidad de llenado del rumen (Decruyenaere *et al.*, 2009). La asociación, por tanto, del bajo nivel de proteína, alto nivel de fibra y el bajo consumo por llenado sería una limitante para expresar, el potencial esperado en ganancia de peso, en ganado de carne en desarrollo (Aello y Di Marco, 2004).

### **1.2.2. Estrés térmico**

El animal produce un incremento en calor metabólico producto del metabolismo basal, la actividad física, termorregulación, digestión y absorción, y excreción, y del calor de fermentación (Brosh *et al.*, 1998, Mader *et al.* 1999), que junto a la ganancia de calor proveniente del medio (radiación solar) aumentan el calor acumulado en el animal y los procesos de disipación de calor aumentan (Finch, 1986).

Cuando las condicionantes meteorológicas no son confortables por las altas temperaturas la capacidad de los animales para disipar calor al medio, son menores (Nienaber *et al.* 2003). De manera que para mantener un equilibrio entre la cantidad de calor producido con el calor que se pierde al ambiente, se ponen en marcha mecanismos para la disipación de calor (conducción, convección, evaporación y radiación). La velocidad en la que se pondrán en marcha dichos mecanismos en los cuales hay intercambios de energía dependerá de la magnitud del gradiente entre la

temperatura de la superficie del animal y la temperatura ambiente (Hansen *et al.*, 2019).

Cuando las pérdidas de calor del animal hacia al medio son menores al calor generado, el animal es incapaz de mantener en homeostasis su temperatura corporal (Finch 1986, Hansen 2004, Arias *et al.* 2008) lo que produce estrés de tipo calórico (Broom y Molento, 2004). Genéticamente las razas de los genotipos *Bos Taurus* presentan mayor actividad metabólica con una menor capacidad para disipar calor en comparación con las razas *Bos Indicus*, el pelaje del ganado cebú mejora la pérdida de calor por conducción y convección y reduce la absorción de la radiación solar (Hansen, 2004). Según Lefcourt y Adams (1996), el novillo de cruza británicas (Hereford) comienza a presentar estrés calórico cuando la temperatura ambiente excede los 25,6°C.

Cruz y Saravia (2008), realizaron la caracterización del ambiente térmico del verano en Uruguay, encontrando que el mes de enero para ganado lechero resulta el mes más crítico en frecuencia acumulada de valores diarios de ITH mayor a 72 (80% en Artigas y Salto; 65% en Rivera, Paysandú y Paso de los Toros; 50% en Melo). El número de horas promedio en el día con valores de ITH superiores a 72, con más del 75% durante la fase diurna y más del 45% durante la fase nocturna, reveló la baja duración del período disponible para que los animales recuperen el confort térmico.

EL *Livestock Weather Safety Index* es el Indicador de Seguridad Climática para Ganado de carne, que categoriza el riesgo de estrés calórico en: normal ( $ITH \leq 74$ ), alerta ( $74 < ITH < 79$ ), peligro ( $79 \leq ITH < 84$ ) y emergencia ( $ITH \geq 84$ ) (Eigenberg *et al.*, 2005). Rovira y Do Carmo (2012), estudiaron la evolución de las variables climáticas relacionadas al estrés calórico en la serie histórica 1973 - 2010 para la zona este de Uruguay, encontrando que existe peligro de estrés calórico ( $ITH > 79$ ) desde finales del mes de diciembre hasta principios del mes de marzo.

Ante situaciones de estrés, los animales expresan modificaciones fisiológicas tales como, incremento de la vasodilatación, la tasa de sudoración (Beatty *et al.*, 2006), la

temperatura corporal y la frecuencia respiratoria (Mader *et al.* 2006, Gaughan *et al.* 2008). Finch (1986), plantea que aumentan los requerimientos de mantenimiento con afectaciones en el metabolismo energético, así como, Hahn (1999) reporta cambios conductuales en busca de disipar el calor adquirido y producido.

A través de las vías respiratorias los animales pueden llegar a perder alrededor del 15% del calor endógeno (Finch, 1986). En trabajos nacionales Esquivel *et al.* (2012) hallaron que la tasa respiratoria se correlacionó alta y positivamente con el valor de ITH, y reportan que el 55% de la variación en la tasa respiratoria de los animales fue explicado por la variación en el valor de ITH, donde por cada incremento unitario del ITH, se registró un incremento de 3 respiraciones por minutos.

Desde el punto de vista conductual, el ganado en pasturas sin sombra y con estrés calórico tiende a caminar en exceso, concentrarse en las esquinas del potrero, acudir más seguido al bebedero, disminuir su actividad de pastoreo (Arnold y Dudzinski, 1978) y, por tanto, disminuye el consumo de materia seca (Hahn 1999).

### **1.2.3. Suplementación**

En los sistemas ganaderos se suplementa con el objetivo de adicionar a la dieta algo que falta ya sea en cantidad y/o calidad (Fernández *et al.* 2005, Baldi *et al.* 2008), para aumentar la GMD, la carga del sistema o la combinación de ambas, siempre apuntando a maximizar la respuesta biológica y económica del sistema (Ustarroz y De León, 2006).

Montossi *et al.* (2017), a partir del análisis a seis ensayos sobre el engorde de novillos en verdeos estivales (sorgo y sudangrás) evaluando diferentes tipos de suplementos (grano de maíz, expeler de girasol, expeler de soja, afrechillo de arroz) y diferentes cargas (7,5 y 10 UG/ha) en la región de Basalto y reportan que los tratamientos suplementados presentaron mejores desempeños individuales (0,321-0,805 kg/an/día) que los no suplementados (0,200-0,528 kg/an/día), siendo la producción de PV (kg/ha) de los suplementados entre 40% y 78 % superior a los no suplementados. Bajo las condiciones experimentales de los seis ensayos el uso de las



diferentes fuentes de suplementos no tuvo respuestas consistentes en la producción animal.

En Uruguay la suplementación estival en su mayoría es realizada con suplementos a base de granos (Simeone y Beretta 2004, Simeone *et al.* 2010b, Simeone *et al.* 2016, Montossi *et al.* 2017). Los granos se caracterizan por presentar un alto contenido de carbohidratos no estructurales (almidón y azúcares simples) donde el almidón se corresponde con el 50 a 100% de la mayoría de los carbohidratos del grano (Raposo y Tobias, 2015). Las grandes cantidades de éstos en las dietas pueden aumentar en gran medida las concentraciones de ácidos grasos volátiles por la fermentación a nivel ruminal (Church 1988).

Los ácidos grasos volátiles tienen una acción depresiva del pH ruminal y este a su vez modifica el ambiente ruminal y su dinámica (Chibisa *et al.*, 2016) que puede resultar en la disminución de la degradación de los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) en la dieta (Raposo y Tobias, 2015). El pH bajo aumenta el tiempo en que las bacterias colonizan el sustrato para su degradación (fase lag) y disminuye la tasa de digestión de la fibra para algunos forrajes (Grant y Weidner 1992). Además, aumenta el costo de energía de mantenimiento metabólico y disminuye el rendimiento de las principales bacterias celulolíticas (Shi y Weimer 1992). La baja degradabilidad de la fibra puede influir en la capacidad de ingestión del animal (Raposo *et al.*, 2015).

Dependiendo de las características química los suplementos pueden ser energéticos, proteicos o energético-proteicos (NRC, 1996), y la respuesta positiva a estos ocurre cuando la dieta base es deficiente en nutrientes (energía, proteína), que pueden ser suplidos por dicho suplemento (Van Soest 1994). Dado que, la producción animal responde a la ley del nutriente más limitante, o sea el nutriente que satisface en menor cantidad los requerimientos del animal, este va a dictar el nivel de producción (NRC, 2000). Sin embargo, ante el aumento en los niveles de suplemento (proteico), una vez que este cubre las necesidades de nitrógeno de los microorganismos ruminales, dicho suplemento podría ser utilizado por el animal como fuente de

energía ocasionando la sustitución de forraje por suplemento (Church 1988, Reinoso y Soto 2012).

### **1.3. SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA LA ÉPOCA ESTIVAL**

#### **1.3.1. Verdeos de verano**

Una opción forrajera para esta época del año son los verdes de verano. Estos, son cultivos anuales, de crecimiento rápido, adaptados a altas temperaturas, que logran una elevada producción de forraje y permiten pastoreos con altas cargas (Murray *et al.*, 2010).

El sorgo forrajero, constituye una alternativa viable por ser una especie C4, con mayor eficiencia que las especies C3, mayor tolerancia a periodos de déficits hídricos, excelente macollaje, que permite compensar las pérdidas de población ante reiterados pastoreos o problemas a la siembra. Sus variedades y tipos le confieren capacidad adaptativa ante los distintos sistemas de manejo, aportando altos volúmenes de forraje de calidad (Fassio, 2002).

Los sorgos en sus distintas variedades han tenido gran aceptación entre los ganaderos por su facilidad para corte, valor nutritivo y alta producción de forraje (Ribeiro *et al.*, 2008). Pueden ser utilizados bajo pastoreo directo o diferido, como reservas en forma de silo de planta entera y de grano húmedo o como concentrado (Carrasco *et al.* 2011, Díaz *et al.* 2012).

El potencial productivo generalmente es muy alto asociado a un buen manejo agronómico (Lagomarsino y Montossi, 2014). El sorgo de pastoreo utilizado como alimento estratégico durante el verano ha permitido en Uruguay una intensificación del sistema productivo con altas cargas (7,5-10 animales/ha), aumentando la producción de carne por unidad de superficie (Montossi *et al.*, 2017). El valor nutritivo de la planta varía entre las variedades de sorgo (McCuistion *et al.*, 2005), puede existir diferencias en la composición entre híbridos por la fecha o época de

siembra, fertilización, densidad de plantación (Tomich *et al.*, 2003) y edad de corte o pastoreo (Vargas, 2005).

Una limitante del sorgo forrajero es su bajo contenido en proteínas, que no es suficiente para mantener la producción de animales de alto potencial de crecimiento (Carámbula 2007, Murray *et al.* 2010). A medida que avanza hacia la madurez, se registra, una pérdida de valor nutritivo, la concentración de materia seca, proteína y la digestibilidad disminuyen mientras que la concentración de fibra aumenta (Amador y Boschini 2000, Boschini y Amador 2001, Fassio 2002, Elizondo, 2004). El bajo contenido de proteína podría limitar el crecimiento y desarrollo de los microorganismos responsables de la degradación de nutrientes de la fracción fibrosa del forraje (Church, 1988), influyendo negativamente en el consumo de alimento y en la producción animal (Raposo *et al.*, 2015).

### **1.3.2. Sombra y/o pastoreo restringido**

La sombra disminuye la incidencia de la radiación directa sobre el animal, reduciendo la carga de calor en un 30% (Blackshaw y Blackshaw, 1994). Contribuye a la mejora del confort térmico a través de la disminución de la frecuencia respiratoria, temperatura rectal, mejora de los requerimientos para mantenimiento y aumento del consumo de materia seca (Finch 1986, Hahn 1999, Esquivel *et al.* 2012).

Collier *et al.* (2006) señalan, que la disponibilidad de sombra resulta esencial para reducir las pérdidas en producción de leche y eficiencia reproductiva. Valtorta *et al.* (1996) y Valtorta y Gallardo (2004) hallaron, diferencias en la producción de leche de un 12% y 5% respectivamente cuando los animales dispusieron de sombra y mecanismos de refresco, tales como aspersores y ventiladores.

A nivel nacional Simeone *et al.* (2010a), reportan para ganado de carne pastoreando campo natural en áreas forestales con acceso libre a sombra, una respuesta en ganancia de peso en torno 0,250 kg/día. Anteriormente Beretta *et al.* (2013), en animales pastoreando praderas, obtuvieron incremento de 0,250 kg por el hecho de

retirar los animales de la pastura a un área con sombra, en las horas de mayor temperatura y radiación (10:00 a 16:00 horas), estimando una reducción de los requerimientos de EMm de 27,3%.

Sin embargo, Beretta *et al.* (2010) al evaluar el efecto del acceso voluntario a sombra en corrales de engorda con dietas altamente concentradas sobre la ganancia de peso y la eficiencia de conversión hallaron una tendencia a la mejora de ganancia de peso ( $P = 0,06$ ). Mientras que Rovira (2012), a pesar de encontrar mejoras numéricas en ganancia de peso, no reportó efecto significativo de la disponibilidad de sombra en ganado de carne pastoreando Sudangras. De igual manera Saravia (2009), tampoco obtuvo diferencias de ganancia de peso en vacas lecheras Holando y Jersey en pastoreo libre vs pastoreo restringido sobre sorgo forrajero.

La sombra disminuye la incidencia de la radiación (Blackshaw y Blackshaw, 1994) pero no disminuye la temperatura del aire o la humedad relativa, por lo que no elimina completamente el problema de balance térmico (Collier *et al.*, 2006). Sin embargo, los antecedentes son consistentes en que el acceso a sombra tiene un efecto positivo sobre la mejora en las variables fisiológicas (temperatura rectal, frecuencia respiratoria), requerimientos de mantenimiento y consumo en el ganado vacuno (Finch 1986, Mader *et al.* 1999, Nienaber *et al.* 2003, Mader *et al.* 2004, Mader *et al.* 2006, Gaughan *et al.* 2008, Saravia 2009, Gaughan *et al.* 2010, Rovira 2012). Pero el efecto sobre la ganancia de peso ha sido variable tanto en animales de feedlots (Mader *et al.* 1999, Beretta *et al.* 2010, Gaughan *et al.* 2010) como en animales en pastoreo (Saravia 2009, Simeone *et al.* 2010<sup>a</sup>, Rovira 2012, Beretta *et al.* 2013).

### **1.3.3. Granos de destilería (DDGS)**

En el proceso para la obtención del etanol, los granos de cereales son sometidos a la molienda, hidrólisis y fermentación del almidón (Liu, 2011). Como subproductos de este proceso se obtienen: granos húmedos de destilería (WDG), granos secos de destilería (DDG), granos húmedos con solubles o granos secos con solubles,

dependiendo del tratamiento final (no secado o secado; sin agregado de sólidos o con agregado) que se les realice (Aristizabal, 2016).

A nivel internacional se ha utilizado el DDGS en dietas a corral manejando diferentes niveles de inclusión en la dieta, con ganancias en torno a 0,79 -1,5 kg/animal/día en terneros (Larson *et al.* 1993, Suarez-Mena *et al.* 2011) y ganancias superiores a 1,20 kg/animal/día en novillos (Lodge *et al.* 1997, Fanning *et al.* 1999, Mateo *et al.* 2004, Benson *et al.* 2005, Buckner *et al.* 2008, Al-Suwaiegh *et al.* 2002).

A nivel nacional Acuña *et al.* (2015), utilizaron granos de destilería de sorgo húmedo y Anzolabehere y Cortazzo (2017), granos de destilería de sorgo seco, ambos como ingrediente (en diferentes niveles de inclusión: 0%, 15%, 30% y 45%) en raciones para terneros de destete precoz, sin que afectara la ganancia de peso vivo (1,1-1,26 kg/d). Por otro lado, Pancini *et al.* (2017), manejo diferentes niveles de inclusión en las dietas en sustitución del grano de sorgo en recría de terneros a corral planteando que optimiza su performance, en términos de ganancia de peso, en torno al 20% de inclusión, aunque tiende a empeorar la conversión esta sigue siendo buena en torno a 4,5 y 5,5.

En condiciones pastoriles MacDonald *et al.* (2007), Isla y Soto-Navarro (2011), lo utilizaron como suplemento en vaquillonas y novillos en pastoreos de invierno, observando aumentos lineales en ganancia de peso sin que se afectara el consumo de materia seca. Beretta *et al.* (2017), suplementaron durante el verano a terneros de destete precoz pastoreando praderas de primer año durante el posdestete con niveles crecientes de sustitución de ración comercial para destete precoz por DDGS (0%, 33%, 66% y 100%), obteniendo ganancias de 0,78 kg/animal/día para 0% de inclusión y 0,62 kg/animal/día para 100% sin que se afectara el consumo de forraje.

Los granos de destilería contienen 29,5% proteína cruda y 3,18 Mcal/kg de energía metabolizable (NRC, 1996). Es un alimento no almidonoso (Liu, 2011), con una elevada proporción de proteína no degradable rumen (en torno 68% de la proteína

cruda, BCNRM, (2016)), y un alto nivel de fibra altamente digestible (Trujillo *et al.*, 2017). En este alimento la energía proviene fundamentalmente de la fibra y del extracto etéreo (Klopfenstein *et al.* 2008, Trujillo *et al.* 2017). Durante el verano es importante proporcionar raciones que induzcan bajo incremento calórico de alimentación. La grasa es el nutriente con más alta densidad energética y con más bajo incremento calórico (Ku Vera *et al.*, 2014). Sin embargo, son escasos los trabajos a nivel nacional que evalúen este subproducto en condiciones pastoriles en el período estival, particularmente como suplemento para vacunos pastoreando verdeos de verano.

#### **1.4. HIPÓTESIS**

La suplementación con granos de destilería secos mejora la ganancia diaria de novillos pastoreando sorgo forrajero durante el periodo estival con asignación de forraje no restrictiva, aumentando el consumo total de nutrientes y mejorando la eficiencia de uso del forraje a nivel ruminal.

El encierro diurno con acceso a sombra durante las horas de mayor radiación solar mejora la ganancia de peso con relación a animales mantenidos en pastoreo libre sin acceso a sombra, estando esta respuesta mediada por cambios de compensación en el comportamiento ingestivo de los animales, no afectándose el consumo total de materia seca y mejorando el termo confort del animal.

La magnitud de la respuesta a la suplementación estaría condicionada por la estrategia de pastoreo dirigida a mitigar el efecto del estrés por calor, esperándose una menor respuesta productiva en animales que mejoran su termo confort como consecuencia del encierro diurno.

## **1.5. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la suplementación con granos de destilería y del encierro diurno con sombra artificial sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum spp.*).

### **1.5.1. Objetivos específicos**

- Caracterizar el patrón de evolución de peso vivo y ganancia en pastoreo durante el verano en novillos pastoreando sorgo forrajero en respuesta a la suplementación con granos de destilería y el encierro diurno con sombra y agua.
- Cuantificar la eficiencia de utilización del forraje, consumo y eficiencia de conversión del suplemento bajo los diferentes manejos.
- Evaluar el comportamiento ingestivo en pastoreo, el ambiente meteorológico y parámetros de estrés térmico como variables interpretativas de la repuesta observada.
- Determinar el efecto de la suplementación con granos de destilería sobre la fermentación ruminal y cinética de degradación de la materia seca y la fibra del sorgo forrajero (*Sorghum spp.*) como variables interpretativas de la repuesta observada.

## **2. MATERIALES Y MÉTODOS**

Se realizaron dos experimentos de forma simultánea, en el Litoral Oeste de Uruguay (32,5° S, Long: 58° W), sobre 6 ha de sorgo forrajero (híbrido ADV 2800), sembradas el 1/12/2018 a razón de 25 kg/ha con 60 kg/ha de fertilizante (18-46-0) y fertilizadas con urea luego del primer pastoreo (100 kg/ha). El experimento I se ejecutó entre el 16/1/19 y el 6/3/19, y el experimento II entre el 30/1/19 y el 26/2/19.

### **2.1. EXPERIMENTO I**

#### **2.1.1. Animales, tratamientos y diseño experimental**

Cuarenta y ocho novillos Hereford ( $267 \pm 29,5$  kg) nacidos en la primavera de 2017, fueron sorteados a ocho grupos y estos fueron asignados al azar a cuatro tratamientos en un arreglo factorial  $2 \times 2$ . Un factor fue el manejo del pastoreo (pastoreo libre vs. encierro diurno con sombra entre las 10:00 y 16:00 horas), y el otro factor fue el manejo de la suplementación (testigo sin suplemento vs suplementación con DDGS a razón de 1 kg MS/100kg de PV) dando lugar a los siguientes tratamientos: pastoreo libre sin suplemento (PLSS); pastoreo libre con suplemento (PLCS); encierro diurno sin suplemento (ESS); encierro diurno con suplemento (ECS). Cada tratamiento quedó conformado con dos repeticiones, cada repetición integrada por 6 novillos manejados en parcelas independientes.

#### **2.1.2. Manejo experimental**

El DDGS utilizado fue una mezcla 40% maíz, 60% trigo (PC: 35,97%; EB: 5,29 Mcal/ kg MS) proveniente de la planta local de producción de Alcoholes del Uruguay (ALUR, Paysandú). El DDGS fue adquirido en una única partida y almacenado en bolsas de silo para su uso durante el período experimental.

La suplementación fue realizada a las 7:00 h en comederos grupales (2/ repetición, 38 cm/ animal de frente de acceso) ubicados dentro de la parcela de pastoreo, ajustándose la cantidad ofrecida cada 14 días de acuerdo al contenido de MS y al



último PV. Entre las 10:00 h y 16:00 h los animales de los tratamientos con encierro diurno eran retirados de la pastura y trasladados a un área adyacente al área de potrero, dividida en cuatro corrales delimitados por alambrado eléctrico (1 por unidad experimental), provistos de bebedero con agua a voluntad y sombra artificial (malla 80% intercepción de la radiación solar; 2,75 m de altura; 3,5 m<sup>2</sup>/animal; orientación Este-Oeste). A los animales en pastoreo libre se les brindó acceso a los bebederos durante aproximadamente 10 minutos luego del consumo de suplemento (antes de 10:00 h) y en algunas ocasiones durante la tarde (posterior a la 16:00 h) en los días con mayor temperatura.

El pastoreo fue rotativo en franjas semanales con asignación de 8 kg de materia seca (MS) de forraje cada 100 kg de PV (8% PV), el cambio de franja se realizó siempre en la mañana posterior a la suplementación. El área de pastoreo fue delimitada por alambrado eléctrico y ajustada semanalmente la asignación de forraje, variando el área de pastura ofrecida, de acuerdo con la biomasa de materia seca disponible y el PV promedio de cada unidad experimental en base al último registro, sin considerar la proyección de ganancia ni tasa de crecimiento del sorgo.

### **2.1.3. Muestreos y mediciones**

Se registró el PV cada 14 días, previo ayuno de 12-16 h. La biomasa de forraje disponible (FD) y residual (FR) 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 semanalmente 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. La altura del FD y FR fue medida con regla en cinco puntos de la diagonal de cada cuadro de la escala, registrando el punto de contacto con la hoja viva más alta sin extender. La utilización del forraje (UF) fue calculada como:  $UF (\%) = [(FD - FR) / FD] * 100$ .

El consumo de suplemento se registró diariamente como la diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada. Muestras de suplemento ofrecido y rechazado fueron colectadas semanalmente y colocadas en estufa para determinar peso seco, y conservadas para posterior análisis químico.

En los días 2 y 6 luego de ingresar a una nueva parcela de pastoreo (semanas 2 y 5) en cuatro novillos por tratamiento elegidos al azar, 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.* 2007a, Gregorini *et al.* 2009b), 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).

#### **2.1.4. Ambiente meteorológico e indicadores de estrés por calor**

Registros de la serie histórica 2002-2019 y registros diarios de temperatura del aire (T, °C), humedad relativa (HR, %), velocidad de los vientos (VV, m/s) y radiación solar (RAD, W/m<sup>2</sup>), fueron tomados por la estación meteorológica automática (Modelo Vantage Pro 2, Davis Instruments, CA, 2007) en la Estación Experimental Mario A Cassinoni (EEMAC), estimándose el Índice de Temperatura y Humedad (ITH) y el Índice de Temperatura y Humedad ajustado por radiación solar y velocidad de los vientos según (Mader *et al.*, 2006).

$$ITH = 0,8 * T + [ (HR / 100) * (T - 14,4) ] + 46,4$$

$$ITH_{ajustado} = 6,8 + ITH - (3,075 * VV) + (0,00055 * RAD)$$

Fueron colocadas cuatro esferas de Vernon (BG), dos bajo sombra y dos al sol a 1,5 m de altura (Berbigier, 1988). La temperatura se registró dentro de las esferas cada 30 minutos mediante sensores Kooltrak (iButtons-TMEX modelo DS19s1, Dallas

Semiconductors, Dallas, TX), a partir del cual se estimó BGITH tanto para sol como para sombra (Mader *et al.*, 2006).

$$\text{BGITH} = 0,8 * T_{\text{BG}} + [ (\text{HR} / 100) * (T_{\text{BG}} - 14,4) ] + 46,4$$

Se determinó la presencia de la condicionante meteorológica ola de calor cuando se daban simultáneamente los siguientes criterios seleccionados: tres días consecutivos o más con  $\text{ITH}_{\text{ajustado}} \geq 74$  (Mader *et al.*, 2004) y menos de 10 h nocturnas para la recuperación de la normotermia (Valtorta *et al.*, 2004). El resto de los días se consideró como no ola de calor. Las olas de calor se clasificaron en: leve, moderada, fuerte, severa y extrema en función de la intensidad y duración del evento y la relación con respecto al tiempo de recuperación nocturna para bovinos *Bos Taurus* según (Nienaber *et al.*, 2003).

La frecuencia respiratoria fue medida como el número de movimientos del flanco registrados en un minuto (resp/min). El score de jadeo se obtuvo por apreciación visual siguiendo la escala de 5 puntos de (Gaughan *et al.*, 2008). Ambas observaciones fueron realizadas durante tres días consecutivos por semana, en dos horarios del día (7:00 h y 16:00 h) en los mismos animales observados para comportamiento en pastoreo.

#### **2.1.5. Variables calculadas**

El consumo de MS de forraje fue estimado para cada unidad experimental a través del *Beef Cattle Nutrient Requirement Model* (BCNRM 2016), utilizando como insumos del modelo información recolectada durante el período experimental: PV animal (inicio y final), días de pastoreo, biomasa forrajera disponible y área utilizada, suplemento consumido, e información meteorológica como temperatura, humedad relativa, radiación y velocidad del viento. Como información de los alimentos se utilizó la reportada por la biblioteca de alimentos del modelo, corrigiendo con información analítica el aporte de cenizas, proteína, extracto etéreo y FDN de del sorgo forrajero y el DDGS. El consumo fue obtenido a partir de la ganancia media observada en cada parcela de pastoreo, ejecutando la función de cálculo del modelo

(solución empírica), y ajustando por aproximaciones sucesivas el consumo de forraje necesario para lograr la ganancia de peso respectiva. El aporte EM en cada dieta fue obtenido a partir del modelo.

#### **2.1.6. Análisis químico**

Las muestras de suplemento y las muestras secas de las escalas correspondientes a la determinación de la biomasa ofrecida fueron molidas a 2 mm de diámetro en un molino WILEY y combinadas en una única muestra compuestas por alimento para el período experimental, donde cada fecha de muestreo contribuyó con igual peso. Las muestras compuestas de forraje disponible por fecha de muestreo fueron conformadas ponderando la contribución de cada punto de la escala según la frecuencia de aparición en la pastura. Sobre estas muestras 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), AOAC (2007). El contenido de N insoluble en detergente ácido, FDN usando  $\alpha$ -amilasa y corrigiendo por contaminación con cenizas (aFDNmo) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó según Goering y Van Soest (1970).

#### **2.1.7. 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 de parcelas al azar tomando como unidad experimental al conjunto de animales por parcela de pastoreo.

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

donde:

$Y_{ijk}$  = variables de respuesta

$\mu$  = 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 determinar el efecto de los tratamientos sobre consumo, ganancia media diaria y tasa de bocado, se ajustó un modelo lineal de medidas repetidas utilizando el procedimiento MIXED.

### 2.1.7.1. Comportamiento en pastoreo

El comportamiento en pastoreo se analizó ajustando modelos lineales generalizados de medidas repetidas asumiendo una distribución binomial a través del procedimiento GLIMMIX.

$$\text{Ln}\left(\frac{p_{ijk}}{1-p_{ijk}}\right) = \beta_0 + D_i + S_j + E_k + (ES)_{jk} + (DS)_{ij} + (DE)_{ik} + (DSE)_{ijk}$$

donde:

$P_{ijk}$  = probabilidad de efectuar cada actividad

$\beta_0$  = intercepto

$D_i$  = efecto del i-ésimo día

$S_j$  = efecto del j-ésimo nivel de suplementación

$E_k$  = efecto del k-ésimo nivel de sombra

$(ES)_{jk}$  = interacción entre sombra y suplementación

$(DS)_{ij}$  = interacción entre día y suplementación

$H_m$  = efecto de la m-ésima hora

$(DE)_{ik}$  = interacción entre día y sombra

$(DSE)_{ijk}$  = interacción entre día, suplementación y sombra

La estructura de correlación de la matriz de varianzas-covarianzas para modelar las medidas repetidas, fue de tipo autorregresivo de orden 1

### 2.1.7.2. Indicadores de estrés térmico

El efecto de los tratamientos sobre la frecuencia respiratoria fue estudiado ajustando un modelo lineal de medidas repetidas con la siguiente:

$$Y_{ijklm} = \mu + Ei + Sj + (ES)ij + \varepsilon_{ijk} + D_l + (SD)jl + \varepsilon_{ijkl} + H_m + (EH)im + (SH)im + (SEH)ijm + \varepsilon_{ijklm}$$

donde:

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta

$\mu$  = media general

$E_i$  = efecto del i-ésimo nivel de sombra

$S_j$  = efecto del j-ésimo nivel de suplementación

$(ES)_{ij}$  = interacción entre sombra y suplementación

$e_{ijk}$  = error experimental (entre animales)

$D_l$  = efecto del l-ésimo día

$(SD)_{jl}$  = interacción entre día y suplemento

$e_{ijkl}$  = error entre días

$H_m$  = efecto de la m-ésima hora

$(EH)_{im}$  = interacción entre sombra y hora

$(SH)_{jm}$  = interacción suplemento y hora

$e_{ijklm}$  = error entre horas

La estructura de correlación de la matriz de varianzas-covarianzas para modelar las medidas repetidas, fue de tipo autorregresivo de orden 1

El grado de jadeo fue estudiado mediante el test exacto de Fisher que surgen del conteo de casos evaluados en tablas de contingencia a través del procedimiento FREQ.

Para determinar BG en sol y sombra, usando los datos horarios, se ajustó un modelo estacional ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average). El componente estacional estuvo dado por el ciclo de 24 horas de temperaturas. Los modelos fueron ambos de tipo ARIMA (2, 0, 1) (2, 0, 0) 24; donde el primer componente es autorregresivo (AR), el segundo e de “diferencia”, y el tercero es el componente de media móvil (MA). Luego, en cada hora habiendo obtenido el valor predicho y el error estándar a partir del modelo, se compararon estadísticamente las series de sol y sombra mediante una prueba t bilateral.

$$t_{0i} = \frac{\hat{Y}_{1i} - \hat{Y}_{2i}}{\sqrt{(s_{\hat{Y}_{1i}})^2 + (s_{\hat{Y}_{2i}})^2}}$$

donde:

$t_{0i}$  = valor de t observado para el i-ésimo día

$\hat{Y}_{1i}$  y  $\hat{Y}_{2i}$  = valores predichos de temperatura de sol y sombra para el i-ésimo día

$s_{\hat{Y}_{1i}}$  y  $s_{\hat{Y}_{2i}}$  = errores estándar de los valores predichos para el i-ésimo día.

## 2.2. EXPERIMENTO II

### 2.2.1. Animales, tratamientos y diseño experimental

Cuatro novillos Hereford ( $793 \pm 73$  kg PV) provistos de cánula ruminal de silicona de 4 pulgadas (KEHL®) pastoreando sorgo forrajero con encierro diurno con acceso a sombra (10:00 h a 16:00 h) fueron asignados al azar en un diseño *crossover* a dos tratamientos: encierro sin suplemento (ESS) y encierro más suplementación (ECS), con DDGS a razón del 1% PV. El diseño experimental comprendió 2 períodos de 14 días (10 transición entre dietas; 4 de mediciones).

Se pastoreó la misma pastura ofrecida en el experimento I. con una asignación de forraje de 8 kg de MS cada 100 kg de peso vivo, en parcelas independientes por repetición, con 10 días de ocupación 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 ajuste de la asignación de forraje, el manejo de la suplementación y del encierro fueron conforme fuera descritos en el experimento I.

La biomasa de forraje disponible y residual fue estimada siguiendo a la misma metodología descrita en el Experimento I. El consumo de MS de forraje fue estimado a partir del forraje desaparecido en la parcela diaria de pastoreo (Macon *et al.*, 2003) y expresado cada 100 kg PV como el producto entre la oferta de forraje y la utilización de forraje. El consumo de suplemento se registró diariamente como la

diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada. Muestras de suplemento ofrecido y rechazado fueron colectadas semanalmente y colocadas en estufa para determinar peso seco, y conservadas para posterior análisis químico.

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.* 2007a, Gregorini *et al.* 2009b), 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).

### **2.2.2. 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% (Ørskov y McDonald, 1979). El forraje incubado correspondió a cuatro muestras tomadas mediante la técnica de *hand clipping* en el área de pastoreo del experimento I, simulando el forraje consumido por los animales (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 y combinadas en una única muestra, la cual se secó en estufa a 105°C durante 24 h.

Fueron utilizadas bolsas de incubación (9 x 11 cm<sup>2</sup>, tela de serigrafía de 120 hilos-poros 40 µm) previamente secadas durante 24 h a 60 °C hasta peso constante. Una muestra seca del forraje fue colocada en cada bolsa de filtro previamente identificadas, a razón de 1,5 mg /cm<sup>2</sup> y posteriormente incubadas por duplicado (2 bolsas / tiempo) en el saco ventral del rumen, colocándose en forma simultánea a las



7:00 h del día 11, antes de suplementar (0 h), y retiradas luego de 3, 6, 9, 12, 24, 48 y 72 h.

Dos bolsas por animal fueron colocadas en agua tibia (39°C) durante 15 minutos antes de la primera incubación, retiradas y procesada de igual modo que las otras bolsas, siendo consideradas las muestras correspondientes al ‘tiempo 0’

Una vez removidas del rumen las bolsas se colocaron en hielo para detener la fermentación durante el traslado desde el campo y luego fueron congeladas a -18°C. Finalizado los muestreos las bolsas fueron descongeladas a temperatura ambiente, lavadas en agua fría usando un lavarropas convencional (4 ciclos de 3 minutos más un último lavado con agua destilada), y luego 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 los bolsas incubadas y expresadas como proporción del peso inicial.

#### **2.2.2.1 Determinación de pH y amonio ruminal**

Para realizar la determinación de pH y amonio ruminal se procedió a extraer en el día uno, correspondiente a los días de medición, 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 pH-imetro 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 (Black, 1965).

#### **2.2.3 Digestibilidad aparente**

La digestibilidad aparente de la dieta (MS, MO y FDN) fue estimada 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. Para la recolección de heces los animales eran observados hasta el momento de defecación, recolectándose la muestra directamente del suelo, evitando la contaminación con restos de forraje o suelo, y congelando posteriormente las muestras a  $-18^{\circ}\text{C}$  para conservación. Finalizado el muestreo se procedió a descongelar las muestras a temperatura ambiente combinando las muestras frescas en una muestra compuesta por animal y por período. Las muestras fueron secadas en estufa de aire forzado a  $60^{\circ}\text{C}$  durante 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:

$\text{DMS} = [1 - (\text{CMA} / \text{CMH})] * 100$ , siendo CMA: concentración del marcador en el alimento y CMH la concentración del marcador en heces

Digestibilidad de nutriente o fracción (Di)  $\text{Di} = [100 * (\text{Y} - \text{X}) + \text{X} * \text{DMS}] / \text{y}$ , siendo X e Y la concentración del “i” en heces y alimento, respectivamente.

#### **2.2.4. 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;  $\text{N} \times 6,25$ ; método 984.13) y extracto etéreo (EE, método 920.39) según AOAC (1990), AOAC (2007). El contenido de N insoluble en detergente ácido, FDN usando  $\alpha$ -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; método 984.13)

### **2.2.5. 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. Las medias de los efectos significativos fueron comparadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%.

Para determinar el efecto de los tratamientos sobre consumo y tasa de bocado, 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.

#### **2.2.5.1. pH y concentración de amonio**

Para estudiar el efecto de los tratamientos sobre la concentración de amonio y pH se ajustó modelo lineal de medidas repetidas con la forma:

$$Y_{ijkl} = \mu + T_i + P_j + e_{ijk} + H_l + (TH)_{il} + e_{ijkl}$$

donde:

$Y_{ijkl}$  es la variable de respuesta

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$P_j$  = efecto del  $j$ -ésimo período

$e_{ijk}$  = error experimental

$H_l$  = efecto de la  $l$ -ésima hora

$(TH)_{il}$  = interacción entre tratamiento y hora

$e_{ijkl}$  = error entre mediciones horarias

La estructura de correlación de la matriz de varianzas-covarianzas para estos modelos fue de tipo simétrica compuesta.

### **2.2.5.2. Degradabilidad**

Para la degradabilidad se ajustó el modelo de Ørskov y McDonald (1979) en 2 etapas. En primer lugar, se ajustó para cada animal y período un modelo no lineal de la degradabilidad en función del tiempo de forma:

$$Y_{ijk} = a + b (1 - \exp^{-kt}) + e_i.$$

donde:

$Y_{ijk}$  = fracción desaparecida en  $t$  horas

$a$  = fracción soluble

$b$  = fracción lentamente degradable

$k$  = tasa de degradación de  $b$

$e_i$  = error experimental.

En segundo lugar, se estudió el efecto de los tratamientos y los períodos sobre los parámetros que componen la curva de degradabilidad ajustando un modelo lineal de la forma;

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + e_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  son los componentes del modelo previamente ajustados

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$P_j$  = efecto del  $j$ -ésimo período

$e_{ijk}$  = error experimental

### **2.2.5.3. Digestibilidad**

Para estudiar el efecto de los tratamientos sobre la digestibilidad se ajustó modelo lineal con la forma:

$$Y_{ijk} = \mu + T_i + P_j + (TP)_{ij} + e_{ijk}$$

donde:

$Y_{ijk}$  es la variable de respuesta

$\mu$  = media general

$T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento

$P_j$  = efecto del  $j$ -ésimo período

$(TP)_{ij}$  = interacción entre tratamiento y período

$e_{ijk}$  = error experimental

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. EXPERIMENTO I.

##### 3.1.1. Ambiente meteorológico e indicadores de estrés por calor

En el Cuadro 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 (GB), así como el promedio de los índices biometeorológicos (ITH, ITH<sub>ajustado</sub> y BGITH sol y sombra) para la serie histórica (2002-2018) y experimental (2019).

Cuadro 1. Registro de temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad de los vientos, radiación solar climático e índices biometeorológicos correspondientes al período experimental y la serie histórica 2002-2018.

	Año 2019			Año 2002-2018		
	(16 de enero al 6 de marzo)			(16 de enero al 6 de marzo)		
	Promedio	Max	Min	Promedio	Max	Min
T (°C)	23,3 ± 3,4	28,9	16,7	24,0 ± 2,8	33,1	15,2
HR (%)	76,5 ± 10,2	94,8	60,0	69,2 ± 13,5	100,1	24,6
VV (m/s)	3,3 ± 3,4	16,4	0	2,7 ± 1,8	13,9	0
RAD (W/m <sup>2</sup> )	251,6 ± 80,3	354,7	52,8	267,8 ± 95,3	307,5	0
ITH	71,5 ± 5,2	80,8	61,0	72,0 ± 3,9	83,7	59,1
ITH <sub>ajustado</sub>	68,4 ± 13,5	84,3	19,6	70,6 ± 7,2	86,1	31,0
BGITH <sub>Sol</sub>	76,9 ± 1,1 <sub>a</sub>	81,6	68,2	-	-	-
BGITH <sub>Sombra</sub>	73,2 ± 1,1 <sub>b</sub>	77,6	68,3	-	-	-

T: Temperatura (°C); HR: Humedad relativa (%); VV: Velocidad de los vientos (m/s); RAD: Radiación solar (W/m<sup>2</sup>); ITH: Índices de Temperatura y Humedad; ITH<sub>ajustado</sub>: Índices de Temperatura y Humedad ajustado por VV y RAD; BGITH: Índices de Temperatura y Humedad ajustada por la temperatura de las esferas de Vernon; Max: Máximo; Min: Mínima. Medidas seguidas de letras distintas indican diferencias significativas (P < 0,05).

Los valores de temperatura, humedad relativa, velocidad de los vientos, radiación solar e índices biometeorológicos (ITH; ITH<sub>ajustado</sub>) se ubicaron dentro de +/-1 desvío del valor promedio histórico. El período experimental presentó temperatura máxima y humedad relativa inferior al registro histórico y una mayor velocidad de los vientos y radiación solar, lo que resultó en menor ITH e ITH ajustado máximo.

En el Cuadro 2 se presenta la incidencia de riesgo de estrés térmico de acuerdo a la distribución del ITH promedio horario y diario según el Indicador de Seguridad climática para ganado de carne propuesto por Eigenberg *et al.* (2005), para la serie histórica 2002-2018 y el año experimental.

Cuadro 2. Distribución horaria y diaria de los Índices de Temperatura y Humedad según el Indicador de Seguridad Climática para la serie histórica y período experimental.

Indicador de Seguridad Climática	Distribución horaria (% del total de horas)		Distribución Diaria (% del total de días)			
	Año 2019		Año 2002-2018		Año 2019	
	ITH	ITH <sub>ajustado</sub>	ITH	ITH <sub>ajustado</sub>	ITH	ITH <sub>ajustado</sub>
Normal ( $\leq 74$ )	51,9	51,6	67,2	66,0	62,0	58,0
Alerta ( $> 74 \leq 78$ )	16,0	12,8	30,4	24,8	34,0	10,0
Peligro ( $>78 \leq 84$ )	18,1	21,6	2,8	9,2	38,0	28,0
Emergencia ( $> 84$ )	14,0	14,0	0,0	0,5	0,0	4,0

ITH: Índices de Temperatura y Humedad; ITH<sub>ajustado</sub>: Índices de Temperatura y Humedad ajustado por velocidad de los vientos (m/s) y radiación solar (W/m<sup>2</sup>). Los datos comprenden desde el 16 de enero hasta el 6 de marzo.

En el Cuadro 3 se presenta la incidencia de riesgo de estrés térmico de acuerdo al valor del BGITH promedio horario y diario para sombra y sol según el Indicador de

Seguridad climática para ganado de carne propuesto por Eigenberg *et al.* (2005), para el período experimental.

Cuadro 3. Distribución horaria y diaria de los Índices de Temperatura y Humedad ajustado por la temperatura de las esferas de Vernon según el Indicador de Seguridad Climática durante el período experimental.

Indicador de Seguridad Climática	Distribución horaria (% del total de horas)		Distribución diaria (% del total de días)	
	BGITH sol	BGITH sombra	BGITH sol	BGITH sombra
Normal ( $\leq 74$ )	49,0	55,4	47,7	54,5
Alerta ( $> 74 \leq 78$ )	11,9	14,9	15,9	20,5
Peligro ( $>78 \leq 84$ )	12,9	16,2	31,8	22,7
Emergencia ( $> 84$ )	24,2	13,5	4,5	2,3

BGITH: Índice de Temperatura y Humedad ajustado por la temperatura de las esferas de Vernon

La proporción de días y horas con valores de BGITH correspondientes a indicadores de seguridad normal y alerta, fue mayor en sombra que en sol, mientras que para los indicadores de peligro y emergencia disminuyeron con respecto al sol. El BGITH promedio fue significativamente menor en la sombra que en sol ( $P < 0,05$ ), encontrándose las mayores diferencias desde las 12:00 h hasta las 20:00 h (Figura 1.). Tanto en sombra como en sol el BGITH fue mayor a 74 desde las 9:00 h hasta las 20:00 h



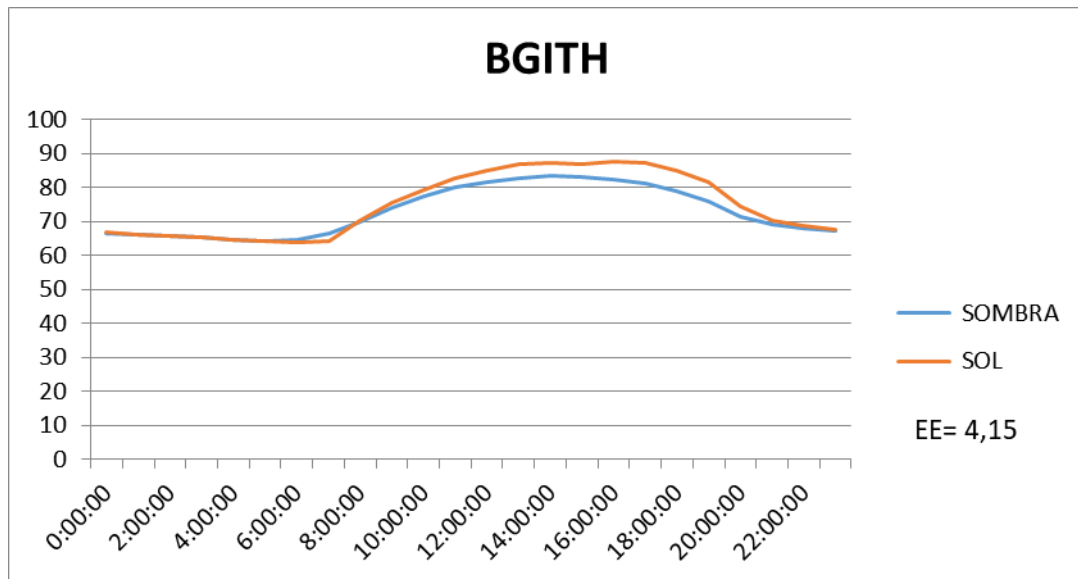


Figura 1. BGITH promedio horario para sol y sombra

### 3.1.1.1. Olas de calor

Durante el período experimental ocurrieron cuatro olas de calor, dos de ellas fueron olas de calor extremas, una ola fue de calor moderada y una ola fue de calor leve (Figura 2). La primera ola de calor extrema duró doce días con ITH promedio de  $80,57 \pm 3,69$  y el 80% de las horas con valores por encima de 74 y solo 16,36 h acumulada en los doce días para recuperar la normotermia. Durante siete días consecutivos ocurrieron solo tres horas con valores horarios inferiores a 74 y un ITH promedio de  $82,69 \pm 5,95$  para esos días.

La segunda ola de calor extrema duró siete días con un ITH<sub>ajustado</sub> promedio de  $80,62 \pm 3,44$  y más del 80% de las horas los valores de ITH fueron mayores a la categoría de alerta y solo un 19,27% de horas en categoría normal. La ola de calor moderada duró cinco días, con ITH promedio de  $79,02 \pm 4,17$  con más del 70% de las horas con ITH mayor a 74 y solo 27% de horas para la recuperación de la normotermia. Una ola de calor leve que duró tres días y a pesar de tener un ITH<sub>ajustado</sub> promedio de  $77,81 \pm 2,76$  contó con 37% de horas para recuperar la temperatura corporal de confort.

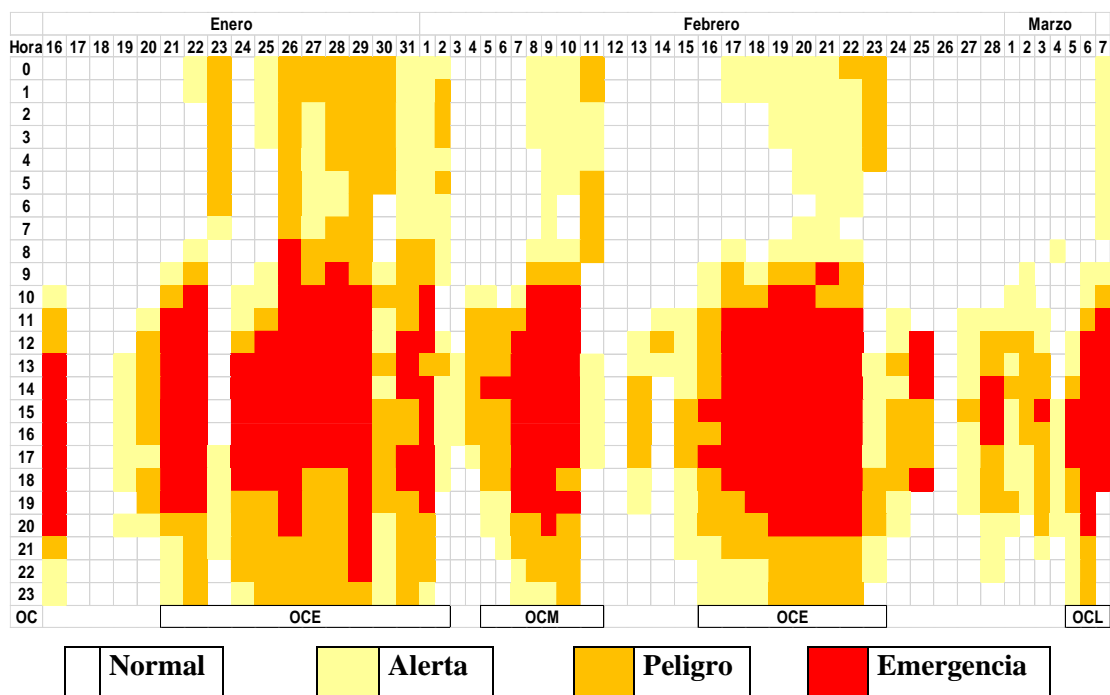


Figura 2. Evolución del ITH ajustado en forma horaria para cada día del período experimental y representación de ocurrencia de olas de calor.

OC: Ola de Calor; OCE: Ola de Calor Extrema; OCM: Ola de Calor Moderada; OCL: Ola de Calor leve. *Livestock Weather Safety Indexes*) que categoriza el riesgo de estrés calórico en: normal ( $ITH \leq 74$ ), alerta ( $74 < ITH < 79$ ), peligro ( $79 \leq ITH < 84$ ) y emergencia ( $ITH \geq 84$ ) (Eigenberg *et al.*, 2005).

### 3.1.1.2. Frecuencia respiratoria

La frecuencia respiratoria (valor promedio diario) fue afectada por la sombra y por la suplementación, presentando mayores frecuencias respiratorias los animales en pastoreo libre respecto a los que recibieron encierro ( $66,20$  vs  $53,46 \pm 1,7$  resp/min;  $P = 0,0061$ ) y los suplementados respecto a los no suplementados ( $51,76$  vs  $67,90 \pm 1,7$  resp/min;  $P = 0,0026$ ), sin interacción entre tratamientos ( $P = 0,6962$ ).

La tasa respiratoria fue mayor en el horario de la tarde con respecto a la mañana ( $P < ,0001$ ), registrándose con interacción significativa entre: manejo pastoreo  $\times$  horario; manejo suplementación  $\times$  horario; manejo pastoreo  $\times$  manejo suplementación  $\times$  horario. Esta última evidencia que el efecto de tratamientos fue significativo solo en el horario de la tarde (16:00 h) registrándose el mayor incremento respecto al valor

de la mañana para los animales en pastoreo libre con suplemento, seguido de pastoreo libre sin suplemento y encierro con suplemento, siendo menor la variación observada en encierro sin suplemento (Figura 3.).

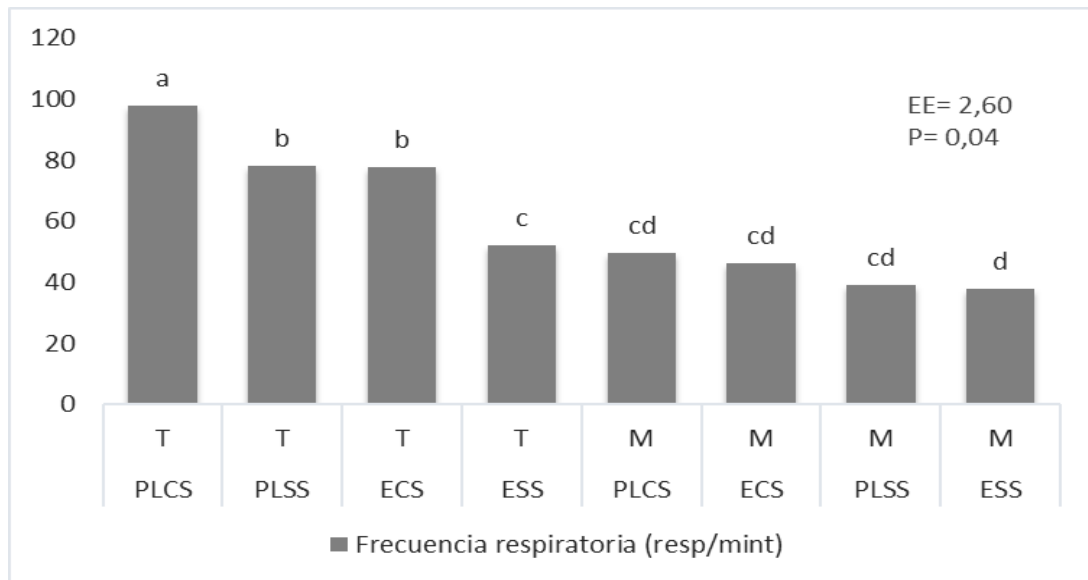


Figura 3. Frecuencia respiratoria (resp/min) de animales Hereford con diferentes manejos del pastoreo y de la suplementación en dos momentos del día.

PLSS: pastoreo libre sin suplemento; PLCS: pastoreo libre con suplemento; ESS: encierro sin suplemento; ECS: encierro con suplemento; M: horario de mañana 7:00 h; T: horario de tarde (16:00 h); EE: error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas para  $P < 0,05$ .

La tasa respiratoria varió también con el día en que se realizó la medición ( $P < ,0001$ ), los días con mayores temperaturas (ola de calor) la frecuencia respiratoria fue mayor con respecto a días de menor temperatura ( $70,29 \pm 1,23$  vs  $46,76 \pm 1,25$  resp/min;  $P < ,0001$ ) (Figura 4.). Hubo interacción entre el manejo pastoreo x día; manejo suplementación x día.

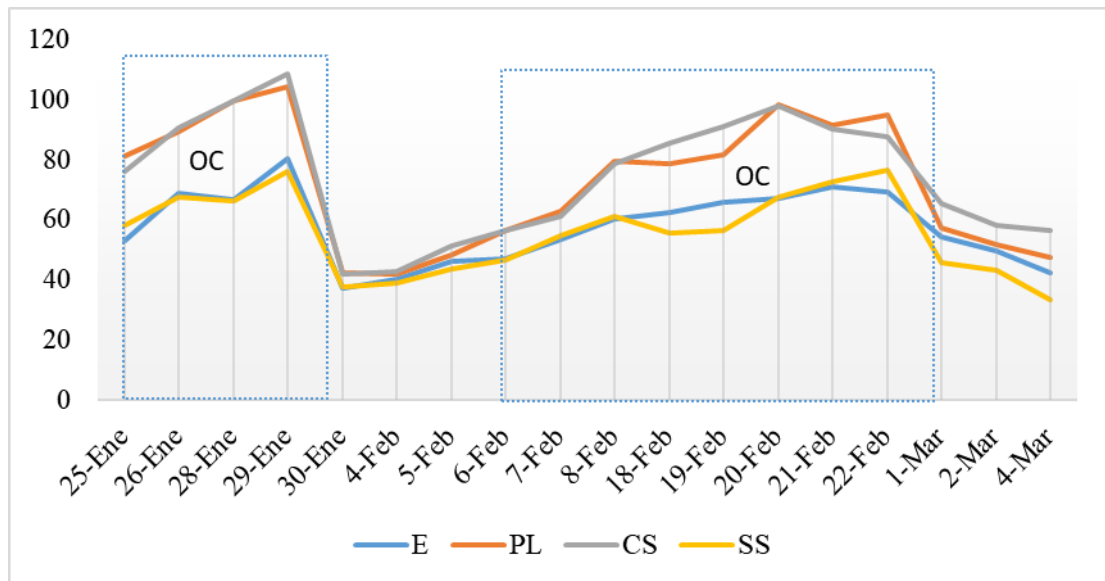


Figura 4. Frecuencia respiratoria promedio diaria (resp/min) de animales Hereford con diferentes manejos del pastoreo y de la suplementación durante los días de mediciones.

PL: animales en pastoreo libre; E: animales bajo encierro diurno; CS: animales con suplemento; SS: animales sin suplemento. OC: corresponde con días de ola de calor.

La prueba exacta de Fisher mostró diferencias ( $P < , 0001$ ) en el score de jadeo debidas al manejo de la suplementación y el manejo del pastoreo, tanto en los días de ola de calor como los días no ola. Donde los animales con suplemento se encontraban con el mayor score de jadeo que los no suplementados (Cuadro 4.), mientras que los animales en encierro presentaron menor score de jadeo que los que se encontraban en pastoreo libre (Cuadro 5.).

Cuadro 4. Porcentaje de animales manejados con y sin suplementación con diferente score de jadeo.

<i>SIN OLA DE CALOR</i>		
Score de jadeo <sup>A</sup>	Con suplemento	Sin suplemento
0	39,4 <sub>Aa</sub>	43,0 <sub>Aa</sub>
1 y 2	6,8 <sub>Ba</sub>	5,7 <sub>Ba</sub>
3, 4 y 5	3,8 <sub>Ba</sub>	1,3 <sub>Ca</sub>
<i>CON OLA DE CALOR</i>		
Score de jadeo <sup>A</sup>	Con suplemento	Sin suplemento
0	32,0 <sub>Aa</sub>	37,7 <sub>Aa</sub>
1 y 2	11,1 <sub>Ba</sub>	9,9 <sub>Ba</sub>
3, 4 y 5	6,9 <sub>Ba</sub>	2,4 <sub>Cb</sub>

CS: animales con suplemento; SS: animales sin suplemento.

<sup>A</sup>: score de jadeo basado en la escala de 5 puntos de (Gaughan *et al.*, 2008).

Letras mayúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas para  $P < 0,05$ . Letras minúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas para  $P < 0,05$ .

Cuadro 5. Porcentaje de animales en encierro y pastoreo libre con diferente score de jadeo.

<i>SIN OLA DE CALOR</i>		
<i>Score de jadeo</i> <sup>A</sup>	<i>Encierro diurno</i>	<i>Pastoreo libre</i>
0	43,3 <sub>Aa</sub>	39,1 <sub>Aa</sub>
1 y 2	6,3 <sub>Ba</sub>	6,1 <sub>Ba</sub>
3, 4 y 5	0,4 <sub>Cb</sub>	4,8 <sub>Ba</sub>
<i>CON OLA DE CALOR</i>		
<i>Score de jadeo</i> <sup>A</sup>	<i>Encierro diurno</i>	<i>Pastoreo libre</i>
0	38,0 <sub>Aa</sub>	31,7 <sub>Aa</sub>
1 y 2	11,2 <sub>Ba</sub>	9,8 <sub>Ba</sub>
3, 4 y 5	0,7 <sub>Cb</sub>	8,5 <sub>Ba</sub>

E: animales bajo encierro diurno; PL: animales en pastoreo libre

<sup>A</sup>: score de jadeo basado en la escala de 5 puntos de (Gaughan *et al.*, 2008).

Letras mayúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas para  $P < 0,05$ . Letras minúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas para  $P < 0,05$ .

### **3.1.2. Biomasa forrajera y utilización**

En el Cuadro 6, se presentan los efectos del manejo del pastoreo y de la suplementación y las medidas ajustadas respectivas para las variables describiendo la condición de la pastura y su utilización.

La biomasa y altura promedio de forraje al ingreso a la parcela de pastoreo fue  $8834,5 \pm 1383,8$  kg/ha y  $107,3 \pm 18,4$  cm de altura siendo mayor el forraje disponible en los tratamientos con encierro con respecto a pastoreo libre, siendo esta respuesta al manejo del pastoreo dependiente de la suplementación ( $P < 0,05$ ).

El forraje residual las parcelas con encierro diurno de los animales no defirió con pastoreo libre ( $P = 0,08$ ), mientras que, en el tratamiento sin suplemento el forraje residual fue menor que en el tratamiento con suplemento ( $P = 0,01$ ). La altura del

forraje residual fue menor en el tratamiento con encierro diurno ( $P= 0,001$ ), así como en el tratamiento sin suplemento ( $P= 0,001$ ). La utilización de forraje no se afectó por ninguno de los manejos utilizados ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 6.).

Cuadro 6. Efecto del manejo del pastoreo y de la suplementación sobre la biomasa forrajera y utilización.

	MP		S		EE	Significancia		
	E	PL	SS	CS		MP	S	S × MP
FD (kg/ha)	9233,9	8435,1	8727,6	8941,4	211,1	0,02	0,49	0,03
AE (cm)	111,1	103,6	106	108,7	2,6	0,06	0,48	0,01
FR (kg/ha)	3018,2	3624	2747,8	3894,4	182,1	0,08	0,01	0,48
AS (cm)	33,9	44,4	33,6	44,7	1,9	0,001	0,001	0,54
UF (%)	66,7	53,9	66,2	54,4	3,5	0,06	0,08	0,81

MP: Manejo de Pastoreo; S: Manejo de la Suplementación; MP x S; interacción manejo por suplemento; EE: Error estándar de la media; E: animales bajo encierro diurno; PL: animales en pastoreo libre; SS: animales sin suplemento; CS: animales con suplemento; FD: Forraje Disponible (kg/ha); AE: Altura de entrada (cm); FR: Forraje Residual (kg/ha); U: Utilización de Forraje (%).

### **3.1.3. Consumo, crecimiento y eficiencia de conversión del suplemento**

El consumo de forraje, así como el consumo total de materia seca en los animales fue afectados por la suplementación, siendo este efecto independiente del manejo del pastoreo ( $T \times S$ ,  $P = 0,94$ ). El consumo de forraje fue menor en los animales con suplemento respecto a sin suplemento ( $P = 0,001$ ), sin embargo, el consumo de materia seca total y el consumo de EM incrementaron con la suplementación (Cuadro 7.). El manejo del pastoreo no afectó a ninguna de estas variables (ni al consumo de materia seca del suplemento;  $P > 0,05$ )

No se observó efecto de la interacción entre el manejo de la suplementación con granos de destilería y el manejo de pastoreo utilizado sobre la GMD, siendo una variable solamente afectada por la suplementación. La respuesta a la suplementación

fue de 0,928 kg/d con una eficiencia de conversión del suplemento de 3,1:1, que no fue afectada por el manejo del pastoreo (Cuadro 7.).

Cuadro 7. Efecto del manejo de la suplementación y del manejo del pastoreo sobre el consumo de materia seca, ganancia de peso y eficiencia de conversión del suplemento.

	MP		S		EE	Significancia		
	E	PL	SS	CS		MP	S	S × MP
CMSF (kg/a/d)	5,06	5,07	6,05	4,09	0,16	0,97	0,001	0,94
CMSS (kg/a/d)	1,40	1,40	-	2,90	0,04	0,91	<,001	0,91
CMST (kg/a/d)	6,50	6,51	6,05	6,99	0,16	0,97	0,01	0,94
CEM (Mcal/d)	16,0	16,03	13,58	18,45	0,39	0,97	0,001	0,94
CPM (g/d)	639,0	640,0	347,5	931,0	11,5	0,98	<,0001	0,96
PV inc (kg)	261,7	265,0	263,7	263,0	1,84	0,07	0,59	0,03
PV fin (kg)	311,8	308,2	287,2	332,8	6,76	0,36	<,0001	0,25
GMD (kg/a/d)	0,92	0,93	0,46	1,39	0,07	0,74	<,0001	0,74
EC (S/kg PV)	-	-	-	3,1	0,13	0,53	-	-

MP: Manejo de Pastoreo; S: Manejo de la Suplementación; MP x S; interacción manejo por suplemento; EE: Error estándar de la media; E: animales bajo encierro diurno; PL: animales en pastoreo libre; SS: animales sin suplemento; CS: animales con suplemento; 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); CEM: Consumo de Energía Metabolizable (Mcal/d); CPM: consumo de proteína metabolizable; PV: peso vivo (kg); GMD: ganancia media diaria (kg/a/d); EC: eficiencia de conversión del suplemento (S/kg PV).

En el Cuadro 8, se muestra la composición química del DDGS y del sorgo forrajero, así como de las dietas resultantes en cada tratamiento para el promedio del período experimental.



Cuadro 8. Composición química del DDGS, sorgo forrajero y dietas resultantes en cada tratamiento.

<b>Composición química</b> (% en base seca)	<b>Forraje disponible</b>	<b>DDGS</b>	<b>Dieta SS</b>	<b>Dieta CS</b>	<b>Dieta<sup>E</sup></b>	<b>Dieta PL</b>
Materia seca	18,9	94,1	18,9	50,1	35,0	35,0
MO Cenizas	13,0	4,7	13,0	9,6	11,1	11,1
Proteína cruda	8,9	36,0	8,9	20,1	14,7	14,7
Fibra detergente neutro	62,6	62,7	62,2	62,6	62,2	62,2
Extracto etéreo	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
EM* (Mcal/kg)	2,25	3,21	2,25	2,65	2,44	2,44

<sup>SS</sup> Sin suplemento; <sup>CS</sup> Con suplemento; <sup>E</sup> Encierro diurno; <sup>PL</sup> Pastoreo libre. 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).

### **3.1.4. Comportamiento en pastoreo**

El comportamiento en pastoreo, evaluado a través de la probabilidad de hallar animales pastoreando, rumiando o en descanso durante el periodo de observación, fue afectado por la suplementación ( $P < 0,05$ ). Las actividades de pastoreo y rumia fueron mayores en animales sin suplemento en relación a aquellos con suplemento ( $P < 0,05$ ) presentando además un menor tiempo de descanso ( $P < 0,05$ ), sin afectar la tasa de bocado promedio ( $P > 0,05$ ).

El manejo del pastoreo afectó solo la rumia ( $P < 0,05$ ), observándose que animales con encierro permanecieron más tiempo rumiando que pastoreo libre respectivamente (Cuadro 9.). La tasa de bocado no se afectó por el manejo del pastoreo ( $P > 0,05$ ), ni por el horario en que fue realizada la medición (7:00; 16:00) (Cuadro 9.).

Cuadro 9. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación sobre la actividad de pastoreo, rumia, descanso y tasa de bocado.

<i>Actividad</i>	<i>Encierro</i>	<i>Pastoreo</i>	<i>Sin</i>	<i>Con</i>	<i>Significancia</i>		
	<i>diurno</i>	<i>libre</i>	<i>suplemento</i>	<i>suplemento</i>	<i>MP</i>	<i>S</i>	<i>MP*S</i>
Pastoreo	0,4 ± 0,01	0,4± 0,02	0,4 ± 0,02	0,3 ± 0,01	0,15	0,01	0,13
Rumia	0,2 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,01	0,01	0,25
Descanso	0,3 ± 0,05	0,4 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,4 ± 0,01	0,16	0,001	0,07
TB	11,8 ± 0,5	11,9 ± 0,5	12,10± 0,5	11,6 ± 0,5	0,95	0,52	0,76

MP: Manejo de Pastoreo; S: Manejo de la Suplementación; MP/S; interacción manejo por suplemento; TB: Tasa de Bocado (boc/min).

La distribución de actividades de comportamiento animal varió a lo largo del día (Cuadro 10.). En las primeras 3 horas de la mañana los animales sin suplemento aumentaron la actividad de pastoreo respecto a los suplementados ( $P < 0,05$ ) que permanecieron más tiempo en descanso ( $P < 0,05$ ). Luego en las últimas horas de la tarde los animales sin suplemento continuaron con mayor actividad de pastoreo con respecto a aquellos con suplemento ( $P < 0,05$ ).

El manejo de pastoreo no tuvo efecto sobre la actividad de pastoreo en la primera sesión de la mañana ( $P > 0,05$ ), pero a la salida del encierro los novillos con encierro compensaron el menor tiempo de acceso a la pastura con una mayor actividad de pastoreo respecto a aquellos en pastoreo libre ( $P < 0,05$ ).

El comportamiento en pastoreo (pastoreo, rumia y descanso) estuvo afectado por el día ( $P < 0,05$ ) que fue realizada la evaluación, con interacción doble: día × manejo del pastoreo e interacción día × suplementación.

Cuadro 10. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación sobre la actividad de pastoreo, rumia y descanso en las diferentes secciones de pastoreo (probabilidad de ocurrencia).

	Encierro diurno	Pastoreo libre	Sin suplemento	Con suplemento	Significancia		
					MP	S	MP * S
<b>P<sup>1</sup></b>	0,5 ± 0,04	0,6 ± 0,04	0,7 ± 0,04	0,5 ± 0,04	0,38	0,02	0,55
<b>R<sup>1</sup></b>	0,1 ± 0,03	0,1 ± 0,02	0,2 ± 0,03	0,1 ± 0,02	0,20	0,08	0,93
<b>D<sup>1</sup></b>	0,2 ± 0,03	0,2 ± 0,03	0,1 ± 0,02	0,3 ± 0,03	0,94	0,01	0,60
<b>P<sup>2</sup></b>	-	-	0,02 ± 0,02	0,04 ± 0,06	-	0,61	-
<b>R<sup>2</sup></b>	0,4 ± 0,02	0,2 ± 0,01	0,3 ± 0,02	0,2 ± 0,01	0,0003	0,001	0,10
<b>D<sup>2</sup></b>	0,5 ± 0,02	0,6 ± 0,02	0,5 ± 0,02	0,6 ± 0,02	0,61	0,01	0,06
<b>P<sup>3</sup></b>	0,9 ± 0,02	0,6 ± 0,2	0,9 ± 0,02	0,8 ± 0,03	<,0001	0,01	0,92
<b>R<sup>3</sup></b>	0,02 ± 0,01	0,1 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,01	0,12	0,65
<b>D<sup>3</sup></b>	0,1 ± 0,02	0,03 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,1 ± 0,02	0,0004	0,24	0,87

MP: Manejo de Pastoreo; S: Manejo de la Suplementación; MP/S; interacción manejo por suplemento; P: Actividad de Pastoreo; R: Actividad de Rumia; D: Actividad de Descanso.

<sup>1</sup> actividad primera sesión (7:00 a 10:00 h)

<sup>2</sup> actividad segunda sesión (10:00 a 16:00 h)

<sup>3</sup> actividad tercera sesión (16:00 a 19:00 h).

### 3.2. EXPERIMENTO II.

#### **3.2.1. Biomasa, consumo y comportamiento en pastoreo**

La biomasa forrajera disponible fue de  $5959 \pm 420$  kg MS/ha,  $91 \pm 45,2$  cm de altura sin diferencias entre tratamientos. La suplementación con DDGS no afectó el consumo de materia seca del forraje, pero aumentó el consumo de materia seca total diario (Cuadro 11.). No obstante, se registró una mayor actividad de pastoreo en los animales sin suplemento ( $P < 0,05$ ), con mayor actividad en la primera sesión de pastoreo posterior al encierro ( $P < 0,05$ ), cuando los animales con suplemento se encontraban mayormente rumiando ( $P < 0,05$ ), sin embargo, no se afectó la tasa de

bocado, ni el descanso ( $P > 0,05$ ). En el Cuadro 12, 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.

Cuadro 11. Efecto de la suplementación con granos de destilería sobre el consumo de materia seca y comportamiento animal.

	<i>Sin suplemento</i>	<i>Con suplemento</i>	<i>P valor</i>
CMSF (kg/d)	19,3 ± 1,3	15,7 ± 1,3	0,11
CMSS (kg/d)	-	8,3 ± 0,5	0,11
CMST (kg/d)	19,3 ± 1,2	24,0 ± 1,2	0,04
Pastoreo diario	0,41 ± 0,01	0,36 ± 0,01	0,02
Rumia diaria	0,27 ± 0,04	0,26 ± 0,03	0,89
Descanso diario	0,27 ± 0,03	0,29 ± 0,03	0,57
Tasa bocado (boc/min)	12,38 ± 0,37	12,25 ± 0,37	0,82

SS: animales sin suplemento; CS: animales con suplemento; 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)

Cuadro 12. Composición química del DDGS, forraje ofrecido e incubado, y composición de la dieta durante el período experimental.

<i>Composición química (% en base seca)</i>	<i>Forraje ofrecido</i>	<i>Forraje incubado</i>	<i>DDGS</i>	<i>Dieta<sup>SS</sup></i>	<i>Dieta<sup>CS</sup></i>
Materia seca	19,1	88,8	94,6	19,1	45,2
Cenizas	11,6	10,9	4,6	11,6	9,2
Proteína cruda	5,7	8,1	33,6	5,7	15,3
Fibra Detergente Neutro	64,9	64,7	61,4	64,9	63,7
Fibra Detergente Acido	34,7	32,8	26,1	34,7	31,7
Energía Bruta (Mcal/kg)	4,2	-	5,2	4,2	4,5
Extracto etéreo	2,21*	-	6,25	2,3	2,3
Nitrógeno adherido a la fibra	0,45*	-	13,9	1,3	1,1

<sup>I</sup> Forraje incubado; <sup>SS</sup> Sin suplemento; <sup>CS</sup> 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).

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

#### **3.2.2.1. pH y nitrógeno ruminal**

El pH ruminal promedio fue menor en los animales con suplemento (6,17 vs. 6,55; P = 0,03) siendo significativamente menor a las 3h luego de haber consumido el suplemento con respecto a los animales con suplemento (P < 0,05). No se halló efecto interacción tratamiento x tiempo (P = 0,16) (Cuadro 13.).

Cuadro 13. Efecto de la suplementación con DDGS sobre el pH ruminal y la concentración de N<sub>NH4</sub> en novillos pastoreando sorgo forrajero.

<i>Tiempo</i>	<i>pH</i>			<i>N<sub>NH4</sub></i>		
	CS	SS	EE	CS	SS	EE
0 h	6,4 <sub>Aa</sub>	6,7 <sub>Aa</sub>	0,13	192,0 <sub>Ba</sub>	61,5 <sub>Ab</sub>	16,5
3 h	5,9 <sub>Bb</sub>	6,5 <sub>Aa</sub>	0,13	291,9 <sub>Aa</sub>	59,1 <sub>Ab</sub>	16,5
6 h	6,2 <sub>ABa</sub>	6,5 <sub>Aa</sub>	0,13	206,8 <sub>Ba</sub>	55,2 <sub>Ab</sub>	16,5
9 h	6,2 <sub>ABa</sub>	6,5 <sub>Aa</sub>	0,13	192,0 <sub>Ba</sub>	55,5 <sub>Ab</sub>	16,5
12 h	-	-	-	213,5 <sub>Ba</sub>	65,6 <sub>Ab</sub>	16,5
24 h	-	-	-	159,0 <sub>Ba</sub>	51,8 <sub>Ab</sub>	16,5

CS: animales con suplemento; SS: animales sin suplemento. N<sub>NH4</sub>: Nitrógeno Amoniacal ppm ( $\mu\text{gN-NH}_4/\text{mL}$ ); EE: Error estándar. Letras mayúsculas distintas en la misma columna indican diferencias significativas para P < 0,05. Letras minúsculas distintas en la misma fila indican diferencias significativas para P < 0,05.

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, 9 y 12: se encontraban en encierro diurno.

La concentración de nitrógeno amoniacal en rumen fue afectada por la suplementación ( $P < 0,05$ ) registrándose mayores niveles en los animales con suplemento que sin suplemento (209 vs 58 ppm  $\pm$  6,7), respectivamente (Cuadro 13.). Asimismo, fue significativa ( $P < 0,05$ ) la interacción tiempo x tratamiento, hallándose encontrándose la mayor concentración de amonio en el T3.

#### **3.2.2.2. Degradabilidad ruminal *in situ* de la MS y la FDN**

La suplementación con DDGS no tuvo efecto sobre la degradabilidad de la MS del sorgo en ninguna de sus fracciones ( $P > 0,05$ ). Tampoco se detectaron diferencias en la degradabilidad potencial de la FDN, pero la tasa de degradación de *b*, fue más lenta con suplemento que sin suplemento ( $P < 0,05$ ) (Cuadro 14.). En las Figuras 5 y 6 se muestran las curvas de degradabilidad potencial de la MS y la FDN. La suplementación no afecto la degradabilidad efectiva de la MS estimada para una tasa de pasaje fija (5%) ( $P > 0,05$ ), sin embargo, redujo la degradabilidad efectiva de la FDN ( $P < 0,05$ ).

Cuadro 14. Efecto de la suplementación sobre la degradabilidad potencial y efectiva de la MS y FDN.

	<i>Sin suplemento</i>	<i>Con suplemento</i>	<i>EE</i>	<i>P valor</i>
DEG_MS (%)	78,2	81,0	2,23	0,41
DE_MS (%)	52,6	49,8	0,85	0,06
a (%)	27,8	24,7	1,73	0,16
b (%)	50,4	56,3	3,05	0,39
k (%/h)	0,05	0,04	0,01	0,35
DEG_FDN (%)	76,9	88,9	7,44	0,30
DE_FDN(%)	52,2	48,1	0,48	0,002
a (%)	22,6	25,6	1,23	0,16
b (%)	54,3	63,4	6,91	0,39
k (%/h)	0,06	0,03	0,01	0,02

DE\_MS: Degradabilidad efectiva de la materia seca; DE\_FDN: Degradabilidad efectiva de la fibra detergente neutra; DEG: fracción desaparecida en “t” horas (%); a: fracción soluble (%); b: fracción lentamente degradable (%); k: tasa de degradación de b (%/h); EE: Error estándar. Tasa de pasaje 5%.

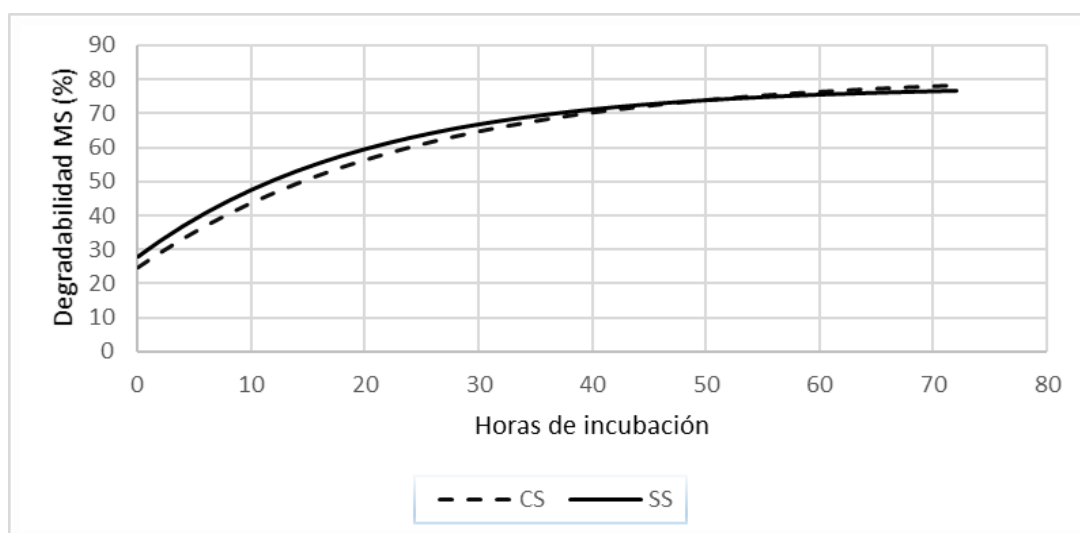


Figura 5. Efecto de la suplementación con DDGS sobre la degradabilidad de la materia seca del sorgo forrajero seleccionado por vacunos en pastoreo.

CS: animales con suplemento; SS: animales sin suplemento.

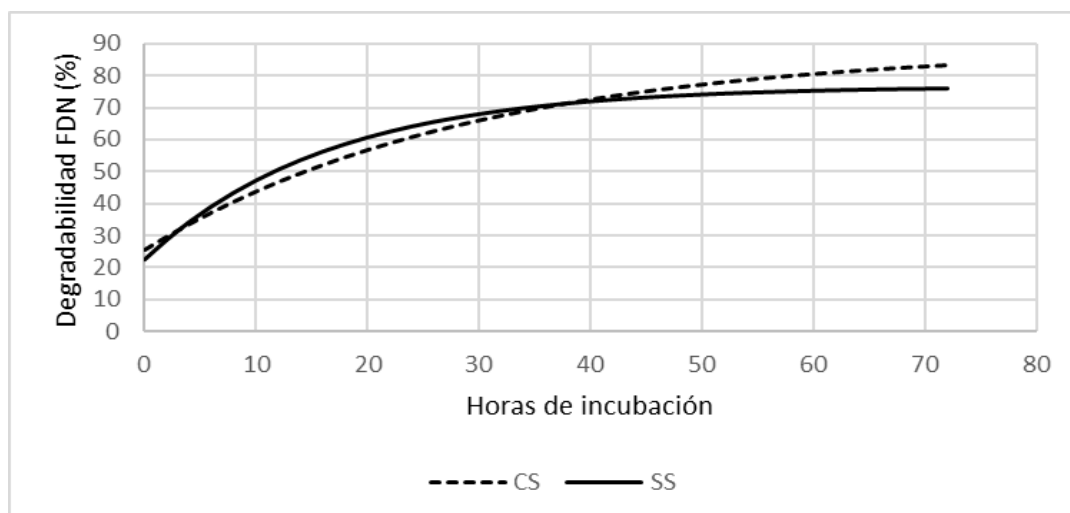


Figura 6. Efecto de la suplementación con DDGS sobre la degradabilidad de la FDN del sorgo forrajero seleccionado por seleccionado por vacunos en pastoreo.

CS: animales con suplemento; SS: animales sin suplemento.

### 3.2.2.3. Digestibilidad aparente de dieta

La suplementación redujo la digestibilidad de las fracciones MO, MS y FDN ( $P < 0,05$ ), mientras que la fracción FDA no fue afectada por la suplementación ( $P > 0,05$ ) (Cuadro 15.).

Cuadro 15. Efecto de la suplementación sobre la digestibilidad aparente de la dieta.

	<i>Sin suplemento</i>	<i>Con suplemento</i>	<i>EE</i>	<i>P &lt; 0,05</i>
DIG_MS (%)	65,7	60,7	1,0	0,02
DIG_MO (%)	70,5	63,7	1,1	0,01
DIG_FDN (%)	68,5	62,5	1,0	0,01
DIG_FDA (%)	66,7	63,7	0,9	0,09

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 (%); EE: Error estándar.



#### **4. DISCUSIÓN**

La respuesta a la suplementación con granos de destilería no dependió del manejo del pastoreo dirigido a reducir el estrés por calor en novillos pastoreando sorgo forrajero en ninguna de las variables analizadas, de forma que se rechaza la principal hipótesis del trabajo relacionada con la interacción entre ambos factores.

##### **4.1. EFECTO DE LA SUPLEMENTACIÓN CON DDGS SOBRE LA RESPUESTA ANIMAL Y EFICIENCIA DE USO DEL ALIMENTO**

La suplementación como efecto principal, incrementó 2,9 veces la GMD con relación al tratamiento testigo. Aun cuando disminuyó el consumo de forraje, el consumo total de materia seca aumentó 0,9 kg/animal/día e incrementó el aporte diario de energía metabolizable (EM; 36%) y proteína metabolizable (PM; 168%) con relación al tratamiento testigo.

Los novillos sin suplementación registraron un consumo equivalente al 2,5% del peso vivo, con ganancias de peso de 0,46 kg/d. Según CSIRO (2007), el consumo potencial estimado para novillos Hereford en función de su edad y peso sería del orden de los 11 kg MS/d. Sin embargo, este estaría limitado en un 37% debido fundamentalmente al efecto restrictivo asociado a la calidad de la pastura (estimado en 0,7 del valor del consumo potencial) y en menor medida debido a por la capacidad de cosecha asociada a la disponibilidad (estimado en 0,9 del consumo potencial), arrojando un valor de 6,9 kg similar al estimado para novillos sin suplementación.

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 una digestibilidad promedio de la MS de 57,8%, inferior a la obtenida en el presente (65,7%). Esta diferencia podría ser atribuible a uso de 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%). No obstante, 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*.

El bajo contenido de proteína observado en el sorgo (8,9; cuadro 8.) ha sido reportado también como responsable de una menor digestibilidad (Amador y Boschini, 2000), al afectar el desarrollo de la microbiota ruminal (Dixon y Stockdale, 1999). La evaluación nutricional de las dietas en cada tratamiento utilizando el BCNRM (2016), evidencia que, en los tratamientos sin suplementación, el aporte de proteína degradable en rumen habría sido inferior a la proteína degradable requerida por la microbiota ruminal, con balance negativo de 0,02 kg/d equivalente a -2,65 g N/d. Estas estimaciones son consistentes con la baja concentración de N<sub>NH4</sub> (209 vs 58 ppm  $\pm$  6,7) en el tratamiento testigo con respecto al tratamiento con suplemento observada en el experimento II. Aun, cuando dicha concentración se encontró dentro del rango recomendado (entre 35 y 290 ppm) para un normal funcionamiento de las bacterias ruminales (Church, 1988), es probable que se haya visto limitada la síntesis de biomasa microbiana y el aporte de proteína metabolizable al duodeno. El aporte de proteína de la dieta no degradable en rumen en los tratamientos sin suplementación sería bajo (31,9% según BCNRM, 2016). El balance de PM obtenido a partir de este modelo arroja un balance negativo (-108 g/d) entre el aporte de proteína metabolizable de la dieta y los requerimientos diarios, estando la ganancia de peso vivo observada en novillos pastoreando sorgo forrajero limitada por aporte diario de este nutriente.

La biomasa de forraje ofrecida fue 8834 kg/ha con 107 cm de altura y tasa de crecimiento de 105, 4  $\pm$  40,3 kg MS/d, para una asignación efectiva de forraje de 8,1% PV. Pareciera ser que la disponibilidad de forraje no fue una limitante para el consumo, manejando una carga de 5,3 animales/ha. A nivel internacional Fernández

*et al.* (2011), en la misma categoría manejando una menor asignación de forraje (4,6%) y cargas (4,5 animales/ha) promedio de dos períodos, obtuvieron una ganancia de 0,794 kg/an/día. A nivel nacional Rovira (2002), con igual carga que el presente trabajo registró ganancias muy similares (0,451 kg/an/día) en novillos pastoreando sudangrás durante 53 días. Esquivel *et al.* (2012), reportaron ganancias de 0,473 kg/an/día en novillos pastoreando sudangrás, aunque a una carga de 7,0 animales/ha durante dos ciclos de pastoreo de 68 días en total.

Mientras que Montossi *et al.* (2017), en los tratamientos testigos obtuvieron 0,571 kg/an/día de GMD promedio en novillos pastoreando sorgo y sudangrás en varios experimentos, en diferentes veranos, manejando 7,5 animales/ha y 0,111 kg/an/día al aumentar la carga a 10 animales/ha. Sin embargo, los mismos autores, al suplementar con un suplemento proteico (expeler de girasol) manejando 7,5 animales/ha obtuvieron ganancias 0,535 kg/an/día al suplementar al 0,5% PV mientras que al aumentar la oferta de suplemento al 1% PV las ganancias se incrementaron a 0,992 kg/an/día.

Para los novillos que pastorearon sorgo forrajero sin suplementación la ganancia de peso vivo estuvo limitada por el aporte de PM, explicado por la baja concentración proteica del forraje y la imposibilidad de lograr un mayor consumo de MS. La suplementación con DDGS al 1% PV si bien redujo el consumo de MS de forraje, permitió aumentar el consumo total de MS ( $P < 0,01$ ), así como el consumo diario de EM y PM con relación a la testigo.

Es posible, además, que los animales con suplementación hayan disminuido el gasto energético debido a una menor actividad de pastoreo y rumia sin diferencias en cuanto a la tasa de bocado respecto al testigo. Di Marco y Aello (2001), reportan incrementos del gasto energético asociado a la cosecha del forraje (kcal/hora/PV<sup>0,75</sup>) que dependiendo de las condiciones de la pastura podrían variar entre 16% y 52%.

La sustitución de forraje por suplemento habría sido del orden  $0,68 \pm 0,09$  evidenciando un efecto de sustitución-adición por parte del suplemento. Este valor de tasa de sustitución estaría por debajo de valores reportados por CSIRO (2007), de

acuerdo con la cantidad y calidad de la base forrajera y del suplemento, que para presente trabajo sería del orden de 0,81. Una mayor reducción en el consumo de forraje con relación al testigo por kg de DDGS consumido podría haber estado asociado además a la incidencia de estrés por calor, donde los animales destinarían energía para reestablecer la homeotermia, aumentando la tasa metabólica (SCA, 2007), y disminuyendo el consumo de alimentos (Finch, 1986). De hecho, en el presente trabajo, la tasa respiratoria de los novillos suplementados fue 24% superior a la de los no suplementados.

Contrariamente a lo sucedido en los tratamientos sin suplementación, en los tratamientos suplementados el balance de proteína metabolizable y energía metabolizable mejoró considerablemente. La evaluación nutricional de la dieta a través de BCNRM (2016), evidenció 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 604% los requerimientos para la GMD observada. Un mayor consumo de MS asociado a una mayor concentración de proteína en la dieta respecto al testigo (20,1 vs. 8,9%) permitió levantar la restricción en el aporte de PM diagnosticado para el testigo, elevando además el aporte de EM (2,65 vs. 2,25) y con ello la ganancia diaria.

En los animales que consumieron DDGS el origen del aporte de PM fue mayormente de la proteína no degradable en rumen (59,2% vs 34,4% proveniente de la síntesis de proteína microbiana). No obstante, dado el elevado consumo de proteína cruda, y contrariamente a lo predicho para el testigo sin suplementación, la evaluación de la dieta a través de BCNRM (2016) mostró un balance positivo del N ruminal (18,3 g N/d). El mismo evidencia 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, y es consistente con el aumento en la concentración de amonio observado en el experimento II (209 vs 58 ppm  $\pm$  6,7).

Otros autores también reportan un aumento en la concentración de amonio en rumen al aumentar el nivel de inclusión del DDGS en la dieta (Benchaar *et al.* 2013, Xu *et*

*al.* 2013, Pancini 2018). La concentración de N<sub>NH4</sub> aumentó luego de las primeras horas de haber consumido el suplemento, con mayor valor a las 3 h posteriores al consumo. Lagrange (2009), obtuvo niveles más bajos de amonio con un pico en la producción a las 2 h posterior a la suplementación en animales pastoreando sorgo granífero diferidos con suplementación proteica. Church (1988) plantea, que una mayor captación de amoníaco en forma de ion (NH<sub>4</sub>) es posible que se deba a un menor pH.

El pico de amonio debido a la suplementación, coincidió con una significativa disminución del pH a las 3 h (5,9) de recibir el suplemento, y que no fue observado en el testigo sin suplementar (6,5). Otros autores reportan similar respuesta, siendo atribuida, a la acidificación producto de la liberación de los ácidos grasos volátiles (Benchaar *et al.* 2013, Pancini 2018). Posteriormente, por el equilibrio entre la tasa de producción de ácidos y la actividad tampón de la saliva, tiende a estabilizarse (Church, 1988), apoyado por la capacidad buffer del DDG que es superior a la del grano que lo originó (Trujillo *et al.*, 2017). Si bien el pH ruminal promedio diario fue menor en los animales suplementados (6,17 vs 6,55) este se ubicó dentro del rango de valores aceptable para una adecuada fermentación, siendo que el tiempo por debajo de 6,2 fue de unas pocas horas.

En tal sentido, no se esperarían efectos negativos sobre la microbiota ruminal, dado que las bacterias celulolíticas pueden afectarse intensamente cuando el pH desciende por debajo de 6,0 (Church,1988). Sin embargo, la tasa de digestión de la FDN en el experimento II se redujo a la mitad en comparación con la observada por los testigos sin suplementar, afectando negativamente a la digestibilidad aparente de la FDN y de la MS. Esta caída en la digestibilidad aparente, no obstante, podría estar explicada en parte por el mayor consumo de materia seca total en los animales suplementados, y su efecto sobre el aumento en la tasa de pasaje del alimento (Galyean y Hubbert, 2014).

La suplementación no afectó a la fracción potencialmente degradable, (*a* + *b*), soluble (*a*) y lentamente degradable (*b*) de la MS y la FDN. 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 (Ørskov 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 (Ørskov y McDonald 1979, Raposo *et al.* 2015). Dicho factor, asociado al hecho de que los animales aumentaron el consumo de materia seca total con respecto a los animales sin suplemento en el experimento II pudo haber contribuido a la disminución de la digestibilidad de la dieta (Church 1988, NRC 2000).

Concentraciones mayores a 8% de grasa en la dieta podrían disminuir la digestibilidad de la misma 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, e, inhibe su crecimiento y desarrollo (Plascencia *et al.*, 2003). Si bien el DDGS puede presentar alta concentración de grasa (6,6; cuadro 8.) esta concentración quedaría diluida en la dieta, proporcionando una alta densidad energética y con bajo incremento calórico que podría conducir al incremento de la

eficiencia (Ku Vera *et al.*, 2014). La concentración de grasas en la dieta de animales suplementados, donde el DDGS representó el 41,0% de la MS consumida, fue del orden de 4,0% muy por debajo del límite Zinn (1999), por encima del cual se afectaría la digestión de la fibra (8%).

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

La eficiencia de conversión del suplemento fue de 3,1 kg de suplemento por cada kg de PV adicional respecto al testigo. Este valor representa una mejora con respecto a los reportados para esta categoría sobre praderas mezclas de gramíneas y leguminosas durante el verano suplementados con grano de maíz al 1% PV con asignaciones de forraje de 3, 6 y 9% para eficiencia de 6:1, 9:1 y 45:1, respectivamente (Simeone y Beretta 2004, Simeone y Beretta 2008). Mientras que novillos manejados sobre verdeos como sorgo y sudan suplementados al 0,5% PV reportaron eficiencia de conversión de 13:1 con expeler de soja y 33:1 con expeler de girasol (Montossi *et al.*, 2017).

Bajos valores de eficiencia conversión del alimento están explicado por la alta respuesta en ganancia de peso vivo con relación a testigo sin suplementar. La misma sería el resultado en gran parte del aumento en consumo de MS y EM estimados para los novillos. Altas ganancias de peso vivo como las logradas al suplementar, si bien es probable que presenten un mayor costo energético por kg de peso vivo ganado con relación al testigo al aumentar la proporción de grasa en la ganancia, también contribuyen a diluir el peso relativo del gasto de mantenimiento incidiendo en la eficiencia general del crecimiento (CSIRO 2007, Larson *et al.* 2019). Por otra parte, el balance energético también ser vería beneficiado por la reducción en el gasto de

actividad de pastoreo debido a la suplementación. Cabe mencionar, sin embargo, que este efecto podría verse parcialmente compensado por un incremento el costo de excreción de la urea, asociado a un uso ineficiente del N amoniacal a nivel ruminal así como al derivado de la desaminación de la PM excedente consumida (Boila y Ingalls 1994, Benson *et al.* 2005, Benchaar *et al.* 2013).

## **4.2. EFECTO DEL MANEJO DEL PASTOREO**

Las variables meteorológicas e índices biometeorológicos en el periodo experimental se encontraron dentro de los valores históricos, situando al período experimental como un año promedio, con valores máximos de temperatura y humedad inferiores a los registros históricos. Los valores promedio de temperatura ambiente se encontraron en los límites de la zona termoneutra (0 a 25°C) reportados para animales tipo *táurido*, mientras que, la humedad relativa se encontró por encima del valor que se considera aceptable (70%) cuando la temperatura está dentro de la zona termoneutral (Bianca, 1965). Se redujo así, la capacidad en los animales para perder calor a través de la piel y las vías respiratorias, aumentando las posibilidades de presentar estrés calórico (Silva *et al.*, 2007).

El período experimental presentó un menor porcentaje de días con ITH normal (62,0 vs 67,2%;  $ITH \leq 74$ ) respecto a la serie histórica lo que 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 (*Livestock Weather Safety Indexes*). El ajuste del ITH por la VV y RAD redujo el porcentaje de horas con ITH en categoría normal y alerta, aumentando el porcentaje de días en peligro y emergencia. Estas últimas posiblemente asociadas a las olas de calor registradas.

Saravia (2009), en un estudio realizado en la región de Salto reportó cuatro olas de calor, dentro de ellas, una ola de calor severa ( $ITH = 77,2$ ) y tres olas de calor leve ( $ITH = 73,7$ ). Sin embargo, una mayor severidad de las condiciones meteorológicas pareciera haber sucedido durante nuestro trabajo experimental con 80,6 de ITH



promedio durante las olas de calor extrema, 79,02 durante la ola de calor moderada y 77,81 durante la ola de calor leve.

Al analizar la distribución horaria del ITH se observó que alrededor del 52% de las horas el ITH se encontró en valores normales correspondiendo el 54% a la fase nocturna (21:00 a 7:00 h) y 46% a la fase diurna (7:00 a 20:00 h). El ganado en las noches puede termorregular más eficientemente su temperatura corporal dado la atenuación de las variables climáticas (temperatura y humedad) (Nienaber *et al.* 2003, Gaughan *et al.* 2008). El 95,3% de las horas en que el indicador de ITH se encontró en valores de alerta correspondía a la fase diurna mientras que la distribución horaria en valores de emergencia se dio solamente entre las 11:00 y 18:00 h. Cruz y Saravia (2008), al caracterizar el verano en Uruguay, estimaron la baja duración del período disponible para recuperación de confort térmico, reportaron que el número de horas promedio en el día con valores de ITH superiores a 72, conformaban más del 75% de la fase diurna y más del 45% de la fase nocturna.

La sombra en las horas con BGITH mayor a 74 (9:00 h hasta las 20:00 h) mostró una mejora de 4,5% del BGITH con respecto al sol. Tanto la distribución horaria como diaria de BGITH fue mayor en sombra cuando los indicadores se encontraban en los rangos normal y alerta. Sin embargo, estas diferencias se invirtieron cuando el indicador tomó valores de emergencia donde el porcentaje de distribuciones de días y horas fue mayor en sol. Por tanto, los animales en pastoreo libre recibieron mayor incidencia de radiación solar incrementando la carga calórica. Gaughan *et al.* (2010) plantearon, que el acceso a sombra reduce el impacto de la carga de calor recibida por radiación solar, que según Blackshaw y Blackshaw (1994) podría ser de 30% o más.

Según Finch (1986), a través de las vías respiratorias, se pierde alrededor del 15% del calor retenido en el animal. La alta frecuencia respiratoria de los animales en pastoreo libre con suplementación durante la tarde, evidenció una mayor respuesta a la sombra con respecto a los animales que se encontraban en pastoreo libre sin suplemento. Según Brosh *et al.* (1998), las principales causas de producción de calor

en los animales son la ingesta de alimentos energéticos y la radiación solar, las cuales desencadenan respuestas fisiológicas del organismo como es el caso de la frecuencia respiratoria y la temperatura corporal (Mader *et al.* 1999). Es por ello que durante la tarde la frecuencia respiratoria promedio de los animales aumentó 77% respecto a la mañana. De la misma manera animales consumiendo suplemento aumentaron 24% la frecuencia respiratoria con respecto a los no suplementados. Mientras que la sombra contribuyó a una mejora de 30% con respecto a los animales que permanecían en pastoreo libre.

Animales en estrés térmico destinan energía para reestablecer la homeotermia con el aumento de la tasa metabólica (SCA, 2007), disminuye el consumo de alimentos y por ende, disminuye el la productividad animal (Finch 1986). Según lo estimado, durante casi la mitad del periodo experimental, las condiciones ambientales fueron predisponentes al estrés térmico, pero no habrían sido lo suficientemente severas como para afectar el consumo de alimentos, actividad de pastoreo o la tasa de bocado, si bien el BGITH a la sombra, aun cuando difirió, su ubico durante las horas de mayor calor en zona de peligro (74 - 78) vs emergencia para los animales al sol. El encierro diurno de los animales entre las 10:00 y 16:00 h no afectó el consumo diario de forraje, sin embargo, modificó el patrón del pastoreo durante el tiempo de acceso a la pastura respecto al observado en animales en pastoreo libre. Estos resultados concuerdan con los reportados por Gregorini (2009a) y Beretta *et al.* (2013), quienes no reportaron diferencias en consumo, pero si, mayor actividad de pastoreo en los animales con restricción del pastoreo. Cabe destacar que el ganado adapta su comportamiento en pastoreo en previsión de eventos futuros (Baile y McLaughlin, 1987). Es por ello que, a la salida del encierro, los animales con encierro diurno tuvieron una mayor actividad de pastoreo con relación a pastoreo libre, a pesar de no haber aumentado la tasa de bocado. El principal mecanismo por el cual el ganado responde a las restricciones en el tiempo de acceso a la pastura, es a través del aumento del tiempo de dedicado a pastar, durante el próximo tiempo disponible para pastoreo (Gregorini 2009b, Mattiauda *et al.* 2013). Ocurre principalmente temprano en la mañana y tarde en la tarde / temprano en la noche en

ganado vacuno y suelen ser más largos e intensos al anochecer (Gibb *et al.* 1998, Gregorini *et al.* 2007a).

El efecto de la sombra sobre la ganancia de peso ha sido variado en animales de feedlots (Mader *et al.* 1999, Gaughan *et al.* 2010) así como en animales en pastoreo. A nivel nacional Simeone *et al.* (2010a), reportan para vacunos pastoreando en campo natural con acceso libre a sombra una respuesta en ganancia de peso en torno 0,250 kg/día. En praderas con encierro con sombra y agua durante las horas de mayor radiación, Beretta *et al.* (2013), hallaron una mejora del 14% en ganancia de peso. Sin embargo, Rovira (2012), a pesar de encontrar mejoras numéricas en ganancia de peso no halló efecto significativo de la disponibilidad de sombra en ganado de carne pastoreando Sudangras, ni Saravia (2009), en vacas lecheras Holando y Jersey pastoreando sorgo.

A pesar de que las condiciones ambientales habrían sido predisponentes a estrés térmico, no se afectó el consumo de alimentos ni la ganancia de peso. Es posible que esta respuesta sea consecuencia en parte a un efecto de aclimatación. Varios autores reportan que el ganado comenzaría aclimatarse en un período de dos a siete semanas de exposición al calor, cuando las temperaturas varían desde 28°C hasta 45°C (Bianca 1959, McDowell *et al.* 1968, Blackshaw y Blackshaw 1994).

Al tener en cuenta que las altas temperaturas en Uruguay comienzan desde el mes de diciembre (Cruz y Saravia 2008, Rovira 2012) y considerando que el inicio del período experimental fue a mediados de enero, observamos que, desde el 21 de diciembre (comienzo de la estación estival) hasta el 15 de enero (día anterior al comienzo de período experimental) la temperatura promedio registrada fue de  $23,7 \pm 4,1^{\circ}\text{C}$  con  $80,3 \pm 12,4\%$  de humedad relativa, estimándose un ITH promedio 72,5. Por tanto, es posible que la aclimatación haya contribuido atenuar el estrés en el ganado en pastoreo reduciendo la respuesta productiva frente al manejo del pastoreo y el acceso a sombra.

## **5. CONCLUSIONES**

Novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero con una oferta de 8 kg/ 100 kg de peso vivo ven su crecimiento limitado por el aporte diario de proteína metabolizable. La suplementación con granos secos de destilería más solubles a razón del 1% del peso vivo mejora el comportamiento productivo de los mismos, registrándose un aumento de 2,9 veces la ganancia media diaria con una eficiencia de 3,1 kg de suplemento por cada kg de peso vivo adicional respecto al testigo sin suplementar. Esta respuesta es independiente del manejo del pastoreo y el acceso a sombra.

Si bien la digestibilidad aparente de la dieta y la degradabilidad de la fibra del sorgo disminuyen al suplementar con DDGS, ello es compensado por un mayor aporte diario de energía y proteína metabolizables.

En condiciones ambientales predisponentes al estrés por calor, el encierro con sombra y agua entre las 10 y 16 h mejora el confort térmico de novillos pastoreando sorgo forrajero evaluado a través de la tasa respiratoria y score de jadeo, siendo esta respuesta mayor en animales no suplementados. Este manejo no afectaría el consumo diario de forraje, observándose un aumento de la actividad de pastoreo a la salida del encierro que compensa el menor tiempo de acceso a la pastura respecto al observado en animales en pastoreo libre sin acceso a sombra.

Si bien este manejo del pastoreo del sorgo no se tradujo en una mejora de la ganancia de peso ni de la eficiencia, estos resultados son relevantes en la medida que se comiencen a relevar indicadores de bienestar animal como parámetros de sustentabilidad de sistemas ganaderos, más allá de su impacto productivo.

## **6. BIBLIOGRAFÍA**

- Acuña J, Loustau M, Suárez A. 2015. Efecto de la inclusión de Burlanda Humeda de Sorgo en la dieta de terneras de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía. 84 p.
- Ademosum AA, Baumgardt BR, Scholl JM. 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.
- Aello MS, Dimarco ON. 2004. Evaluación de alimentos. En: Curso de nutrición animal. Facultad de Ciencias Agrarias. UNMDP. Balcarce. 29-64.
- Alzina-López A, Farfán-Escalante JC, Valencia-Heredia ER, Yokoyama-Kano J. 2001. Condición ambiental y su efecto en la temperatura rectal y frecuencia respiratoria en bovinos cruzados (*Bos Taurus* x *Bos Indicus*) del estado de Yucatán, México. *Revista Biomédica*. 12(2): 112-121.
- Al-Suwaiegh S, Fanning KC, Grant RJ, Milton CT, Klopfenstein TJ. 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.
- Amador AL, Boschini C. 2000. Calidad nutricional de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum alnum*) para alimentación animal. *Agronomía Mesoamericana*. 11(2): 79-84.
- Anzolabehere M, Cortazzo N. 2017. Utilización de granos secos de destilería obtenidos a partir de sorgo (DDGS) en raciones concentradas ofrecidas a terneros de destete precoz alimentados en confinamiento. Tesis Ing. Agr. Montevideo, Uruguay. Facultad de Agronomía.
- AOAC International (Association of Official Agricultural Chemists). 2015. Official methods of analysis. Arlington, TX, USA. 18 th ed.
- AOAC International (Association of Official Analytical Chemists). 2007. Official Methods of Analysis. Arlington, VA: AOAC International. 98.13.

- AOAC International (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. Arlington, VA: AOAC International.
- Arias RA, Mader TL, Escobar PC. 2008. Factores climáticos que afectan el desempeño productivo del ganado bovino de carne y leche. Archivos de medicina veterinaria. 40(1): 7-22.
- Aristizabal DP. 2016. Uso de coproductos de la industria del Etanol en la alimentación animal. Zoociencia. 3 (2): 4-14.
- Arnold GW, Dudzinski ML. 1978. Ethiology of free-ranging domestic animals. New York. Elsevier Scientific Publishing Company.
- Baile Ca, Mclaughlin Cl. 1987 Mechanisms controlling feed intake in ruminants: a review. Journal of Animal Science. 64: 915–922.
- Baldi F, Mieres J, Banchemo G. 2008. Suplementación en Invernada Intensiva: La suplementación sigue siendo una alternativa económicamente viable. Jornada de Producción Animal. Montevideo: INIA. Actividades de Difusión. 532: 39-52.
- BCNRM (Beef Cattle Nutrient Requirements Model). 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th ed. Washington, D.C.: National Academies Press.
- Beatty DT, Barnes A, Taylor E, Pethick D, Mccarthy M, Maloney SK. 2006. Physiological responses of *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle to prolonged, continuous heat and humidity. Journal of Animal Science. 84(4): 972-985.
- Belanche A, Doreau M, Edwards JE, Moorby JM, Pinloche E, Newbold CJ. 2012. Shifts in the rumen microbiota due to the type of carbohydrate and level of protein ingested by dairy cattle are associated with changes in rumen fermentation. The Journal of Nutrition: 142(9). 1684-1692.
- Benchaar C, Hassanat F, Gervais R, Chouinard PY, Julien C, Petit HV, Massé DI. 2013. Effects of increasing amounts of corn dried distillers grains with solubles in dairy cow diets on methane production, ruminal fermentation, digestion, N

balance, and milk production. *Journal of Dairy Science*. 96(4): 2413-2427.  
<https://doi.org/10.3168/jds.2012-6037>

Benson CS, Wright CL, Tjardes KE, Nicolai RE, Rops BD. 2005. Effects of feeding varying concentrations of dry distiller's grains with solubles to finishing steers on feedlot performance, nutrient management and odorant emissions. *South Dakota Beef Report*. Paper. Consultado: 28 de agosto 2020. Disponible en [http://openprairie.sdstate.edu/sd\\_beefreport\\_2005/14](http://openprairie.sdstate.edu/sd_beefreport_2005/14).

Berbigier P. 1988. *Bioclimatologie des ruminants domestiques en zonetropicale*. Paris. INRA. 237 p.

Beretta V, Simeone A, Arduin E, Rebollo C, Purtscher S. 2017. Evaluación del DDGS de sorgo para la suplementación estival en pastoreo de terneros destetados precozmente. En: *Hablan los protagonistas: productores, industriales e investigadores*. 19a Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de carne. Uruguay. UPIC. Consultado 28 de julio 2020. Disponible: <http://www.upic.edu.uy>

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 Uruguay*. 17(1): 131-140.

Beretta V, Simeone A, Cortazzo D, Viera G. 2010. Efecto de la sombra en corrales de engorde durante el verano sobre la performance de vacunos. *Revista Argentina de Producción Animal*. 30 (Supl 1): 550-551.

Bettolli MI, Del Carmen AM, Cruz G, Rudorff F, Martínez A, Arroyo J, Armoa J. 2010. Pastura natural de Salto (Uruguay): relación con la variabilidad climática y análisis de contextos futuros de cambio climático. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 25(2): 248-259.

Bianca W. 1965. Reviews of the progress of dairy science. Section A Physiology. Cattle in a hot environment. *Journal of Dairy Research*. 32 (1): 291-345.

- Bianca W. 1959. Acclimatization of calves to a hot humid environment. *The Journal of Agricultural Science*. 52(3): 305-312.
- Black CA, Evans DD, White JL, Ensminger LE, Clark FE. 1965. *Methods of Soil analysis, part (1) and part (2)*. American Society of Agronomy Inc., publisher Madison, Wisconsin, USA. Library of congress catalog card number: 65-1388.
- Blackshaw JK, Blackshaw AW. 1994. Heat stress in cattle and the effect of shade on production and behaviour: a review. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 34(2): 285-295.
- Boila RJ, Ingalls JR. 1994. The ruminal degradation of dry matter, nitrogen and amino acids in wheat-based distillers' dried grains in sacco. *Animal Feed Science and Technology*. 48(1-2): 57-72.
- Boschini C, Amador AL. 2001. Degradabilidad ruminal de la planta de sorgo negro forrajero (*Sorghum alatum*) en diferentes etapas de crecimiento. *Agronomía Mesoamericana*. 12(2): 169-174.
- Broom DM, Molento CFM. 2004. Bem-estar animal: Conceito e Questões relacionadas revisão. *Archives of Veterinary Science*. 9(2): 1-11.
- Brosh A, Aharoni Y, Degen AA, Aright D, Young BA. 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 Science*. 76(10): 2671-2677.
- Buckner CD, Mader TL, Erickson GE, Colgan SL, Mark DR, Karges KK, Bremer VR. 2008. Evaluation of dry distillers grains plus solubles inclusion on performance and economics of finishing beef steers. *The Professional Animal Scientist*. 24(5): 404-410.
- Cakir R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89(1): 1-16.



- Calsamiglia S. 1997. Nuevas bases para la utilización de la fibra en dietas de rumiantes. Madrid. XIII Curso de Especialización FEDN.
- Carámbula M. 2007. Verdeos de verano. Montevideo: Hemisferio Sur. 13p.
- Carrasco N, Zamora MS, Melin A. 2011. Manual de sorgo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Argentina. No: 633.174.
- Cazzuli F, Montossi F, Lagomarsino X, Luzardo S, Cuadro R. 2107. Integración de resultados de ensayos nacionales de recría y engorde de novillos sobre sorgos forrajeros. En: Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de basalto. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Serie Técnica 230. 85-88.
- Chibisa GE, Beauchemin kA, Penner GB. 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.
- Chilibroste P, Mattiauda D, Bentancur O, Soca P, Meikle A. 2012 Grazing behaviour of early lactation primiparous dairy cows as affected by herbage allowance: effects on productive performance. *Animal Feed Science and Technology*. 173: 201–209. doi:10.1016/j. anifeedsci. 2012.02.001
- Church C. 1988. El rumiante: fisiología digestiva y nutrición. Zaragoza, Acribia. 641 p.
- Coates DB, Penning P. 2000. Measuring animal performance. In *Field and laboratory methods for grassland and animal production research* (ed. L`tMannetje and RM Jones). CABI Publishing, Wallingford, UK. 353–402.
- Collier RJ, Dahl GE, VanBaale MJ. 2006. Major advances associated with environmental effects on dairy cattle. *Journal of Dairy Science*. 89(4): 1244-1253.
- 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.

- CSIRO. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. ISBN: 0643092625, 9780643092624. Consultado: 3 de octubre 2019. Disponible en: Nutrient Requirements of Domesticated Ruminants - CSIRO - Google Libros
- De Boever JA, Blok MC, 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.
- Decruyenaere V, Buldgen A, Stilmant D. 2009. Factors affecting intake by grazing ruminants and related quantification methods: a review. *Base. Biotechnologie. Agronomie, Société et Environnement*.
- Díaz MG, López R, Blanzaco E, Kuttel W. 2012. Caracterización e identificación de germoplasmas de sorgo con aptitud silera. *Ensayos Técnicos. INTA, Agromercado*. Consultado: 3 de octubre 2018. Disponible en: <http://tecnosorgosa.com.ar/pdf/agromercado.sorgo.08.pdf>.
- DIEA (Dirección de Estadísticas Agropecuarias). 2019. [En línea]. En: Anuario estadístico agropecuario 2019. Montevideo: MGAP (Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca). Consultado 20 noviembre 2020. Disponible en: <http://www.mgap.gub.uy/unidad-organizativa/oficina-de-programacion-y-politicas-agropecuarias/publicaciones/anuarios-diea>.
- Di Marco ON, Aello MS. 2001. Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle [En línea]. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 53: 105 - 110. Consultado: 3 de octubre 2018. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352001000100017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352001000100017).
- Dixon RM, Stockdale CR. 1999. Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 50(5): 757-774.

- Eigenberg RA, Brandl TM, Nienaber JA, Hahn GL. 2005. Dynamic response indicators of heat stress in shaded and non-shaded feedlot cattle: Part II. Predictive relationships. *Biosystems Engineering*. 91(1): 111-118.
- Elizalde JC. 1999. Suplementación con granos en la producción de carne de animales en pastoreo. En: Producción intensiva de carne. II Congreso Nacional para productores y profesionales. *Revista Forrajes y Granos*. 67-96.
- Elizondo J. 2004. Consumo de sorgo negro forrajero (*Sorghum almum*) en cabras. *Agronomía Mesoamericana*. 15(1): 77-80.
- Esquivel JE, Velazco JI, Rovira PJ. 2012. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangras durante el verano. En: Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA. Serie Técnica 202. 45-58.
- Fanning K, Milton T, Klopfenstein TJ, Klemesrud M. 1999. Corn and sorghum distillers grains for finishing cattle. Published in 1999 Nebraska Beef Cattle Report. Published by Agricultural Research Division & University of Nebraska Cooperative Extension, Institute of Agriculture and Natural Resources, University of Nebraska-Lincoln. [En línea]. Consultado: 15 de julio 2020. Disponible en: <https://digitalcommons.unl.edu/animalscinbcr/403>.
- Fassio A, Cazzolino D, Ibañez W, Fernández E. 2002. Sorgo: destino forrajero. INIA. Serie Técnica N° 127.
- Fernández AE, Stuart RJ, Chongo B, Martín PC. 2011. Ceba pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) como forraje fresco. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 45(3): 251-256.
- Fernández E, Mieres J, Martins DV, Banchemo G, La Manna A, Messa A, Montossi F. 2005. Algunos conceptos sobre el uso de suplementos en los sistemas invernadores. *Jornada Producción Animal Intensiva*. INIA La Estanzuela. 1-10.

- Finch VA. 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *Journal of Animal Science* 62.
- Firkins JL. 1996. Maximizing microbial protein synthesis in the rumen. *The Journal of Nutrition*, 126(suppl\_4), 1347S-1354S.
- Forbes TDA. 1988. Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behavior in grazing animals. *Journal of Animal Science*. 66: 2369 - 2379.
- FUCREA (Federación Uruguaya de Grupos Crea). 2019. Resultados de gestión ganadera “Los resultados mejoran mucho, pero por razones de coyuntura, no estructurales” *Revista CREA*, edición n°61. Consultado: 24 de agosto 2020. Disponible en: <http://revistacrea.uy/?p=5044>.
- FUCREA (Federación Uruguaya de Grupos Crea). 2018. Cae ingreso de capital de empresas ganaderas y se pierde poder de compra. Notas, sectorial ganadera. *Revista CREA*. Consultado: 24 de agosto 2020. Disponible en <http://revistacrea.uy/?p=4887>.
- Galyean ML, Hubbert ME. 2014. REVIEW: Traditional and alternative sources of fiber—Roughage values, effectiveness, and levels in starting and finishing diets. *The Professional Animal Scientist*. 30(6): 571-584.
- Gaughan JB, Bonner S, Loxton I, Mader TL, Lisle I, Lawrence L. 2010. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *Journal of Animal Science*. 88: 4056-4067.
- Gaughan JB, Mader TL, Holt SM, Lisle A. 2008. A new heat load index for feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 86: 226-234.
- Gibb MJ, Huckle CA, Nuthall R. 1998. Effect of time of day on grazing behavior by lactating dairy cows. *Grass and Forage Science*. 53: 41–46. doi:10.1046/j.1365-2494.1998.00102.x.

- Giménez L. 2012. Producción de maíz con estrés hídrico provocado en diferentes etapas de desarrollo. Uruguay. *Agrociencia*. 16(2): 92-102.
- Giménez L, García M. 2011. Evapotranspiración de cultivos de verano para dos regiones climáticamente contrastantes de Uruguay. *Agrociencia*. 15(2): 100-108.
- Goering HK, Van Soest PJ. 1970. Forage fibre analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Washington: U.S. Agricultural Research Service. 20p. (Agriculture handbook; 379).
- Grant RJ, Weidner SJ. 1992. Digestion kinetics of fiber: influence of in vitro buffer pH varied within observed physiological range. *Journal of Dairy Science*. 75(4): 1060-1068.
- Gregorini P, Soder KJ, Kensinger RS. 2009a. The effects of rumen fill on short-term ingestive behavior and circulating concentrations of ghrelin, insulin and glucose of dairy cows foraging vegetative micro-swards. *Journal of Dairy Science*. 92: 2095-2105.
- Gregorini P, Clark Cef, Jag, JG, Glassey CB, Mcleod KLM, Romera AJ. 2009b. 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.
- Gregorini P, Eirin M, Agnelli L, Refi R, Ursino M, Ansin OE, Gunter SA. 2007a. Diurnal eating pattern and performance of cattle strip grazed with afternoon herbage allocation or continuously variable stocked. *The Professional Animal Scientist*. 24(4): 308-318.
- Gregorini P, Eirin M, Wade MH, Refi R, Ursino M, Ansin OE, Masino C, Agnelli L, Wakita K Gunter SA. 2007b. The effects of a morning fast on the evening grazing behavior and performance of strip-grazed beef heifers. *The Professional Animal Scientist*. 23: 642-648.

- Hahn GL. 1999. Dynamic responses of cattle to thermal heat loads. *Journal of Animal Science*. 77(suppl\_2): 10-20.
- Hahn GL. 1995. Environmental management for improved livestock performance, health and well-being. *Japanese Journal Livestock Management*. 30 (3).
- Hansen PJ, Dikmen S, Sakatani M, Dahl GE. 2019. Estrategias de Enfriamiento Durante el Estrés por Calor. By Dairy-Cattle; Extension. Consultado 3 diciembre 2020. Disponible en: <https://dairy-cattle.extension.org/estrategias-de-enfriamiento-durante-el-estres-por-calor/>
- Hansen PJ. 2004. Physiological and cellular adaptations of zebu cattle to thermal stress. *Animal Reproduction Science*. 82-83: 349-360.
- Harris DL, Shrode RR, Rupel IW, Leighton RE. 1960. A study of solar radiation as related to physiological and production responses of lactating Holstein and Jersey cows. *Animal Science*. 43: 1255-1262.
- Haydock KP, Shaw NH. 1975. The comparative yield method for estimating dry matter yield of pastures. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Husbandry*, 15: 663 - 670.
- Hess BW, Moss GE, Rule DC. 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.
- Islas A, Soto-Navarro SA. 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.
- 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. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

- Klopfenstein TJ, Erickson GE, Bremer VR. 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *Journal of Animal Science*. 86(5): 1223-1231.
- Klopfenstein T. 1996. Need for escape protein by grazing cattle. *Animal Feed Science and Technology*. 60(3-4): 191-199.
- Krause DO, Denman, SE, Mackie RI, Morrison M, Rae AI, Attwood GT, Mcsweney CS. 2003. Opportunities to improve fiber degradation in the rumen: microbiology, ecology, and genomics. *FEMS Microbiology Reviews*. 27(5): 663-693.
- Ku Vera JC, Briceño EG, Ruiz A, Mayo R, Ayala AJ, Aguilar CF, 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).
- Lagomarsino X, Montossi F. 2014. Engorde estival de novillos en pastoreo sobre sorgos forrajeros con suplementación proteica. *Revista INIA*. 39: 17-22.
- Lagrange SP. 2009. Efecto de la suplementación proteica sobre la tasa de crecimiento y parámetros digestivos de novillos a pastoreo sobre sorgo granífero diferido. Doctoral dissertation, Universidad Nacional del Sur. Consultado 15 marzo 2020. Disponible en: <https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/6302>
- Larson QP, Maddock RJ, Neville BW. 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.
- Larson EM, Stock RA, Klopfenstein TJ, Sindt MH, Huffman RP. 1993. Feeding value of wet distillers byproducts for finishing ruminants. *Journal of Animal Science*. 71(8): 2228-2236.

- Lefcourt AM, Adams WR. 1996. Radiotelemetry measurement of body temperatures of feedlot steers during summer. *Journal of Animal Science*. 74(11): 2633-2640.
- Liu K. 2011. Chemical composition of distillers grains, a review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 59(5): 1508-1526.
- Lodge SL, Stock RA, Klopfenstein TJ, Shain DH, Herold DW. 1997. Evaluation of corn and sorghum distillers byproducts. *Journal of Animal Science*. 75(1): 37-43.
- Macdonald JC, Klopfenstein TJ, Erickson GE, Griffin WA. 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.
- Macon BL, Sollenberger E, Moore JE, Staples CR, Fike JH, Portier M. 2003. Comparison of three techniques for estimating the forage intake of lactating dairy cows on pasture. *Journal of Animal Science*. 81: 2357-2366.
- Mader TL, Davis MS, Brown-Brandl T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 84(3): 712-719.
- Mader T, Davis S, Gaughan J, Brown-Brandl T. 2004. Wind speed and solar radiation adjustments for the temperature-humidity index. In 16 the Conference on Biometeorology and Aerobiology. Agricultural Research Service. U.S. Department of Agriculture.
- Mader TL, Gaughan JB, Young BA, Albin R, Howes AD. 1999. Feedlot diet roughage level for Hereford cattle exposed to excessive heat load. *The Professional Animal Scientist*. 15(1): 53-62.
- Mateo KS, Tjardes KE, Wright CL, Koger TJ, Rops BD. 2004. Evaluation of feeding varying levels of wet distillers grains with solubles as compared to dry distillers grains with solubles to finishing steers. (En línea). In: 2004 South Dakota beef



cattle report. Brookings, South Dakota State University. pp. 14–19. Consultado julio 2016. Disponible en [https://www.sdstate.edu/sites/default/files/ars/species/beef/beefreports/upload/Complete\\_2004\\_SD\\_Beef\\_Report.pdf](https://www.sdstate.edu/sites/default/files/ars/species/beef/beefreports/upload/Complete_2004_SD_Beef_Report.pdf)

Mattiauda Da, Tamminga S, Gibb Mj, Soca P, Bentancur O, Chilbroste 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. doi: 10.1016/j.livsci.2012.12.010.

McCouston KC, Mccollum III FT, Greene LW, 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.

McCouston KC, Mccollum FT, Greene LW, 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*.

McDowell RE, Moody EG, Van Soest PJ, Lehmann RP, Ford GL. 1968. Effect of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. *Journal of Dairy Science*. 52(2): 188-194.

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.

Murray F, Gallego JJ, Miñón DP, Barbarossa RA. 2010. Verdes de verano para pastoreo o henificado: una alternativa forrajera de rápido crecimiento. *Comunicaciones-Publicación del Valle Inferior*. 20(63).

Neumann M, Restle J, Maccari M, Pellegrini L, Souza, A, Peixoto L. 2005. Qualidade de forragem e desempenho animal em pastagem de sorgo (*Sorghum bicolor*, L.),

fertilizada com dois tipos de adubo, sob pastejo contínuo. *Current Agricultural Science and Technology*. 11(2).

Nienaber JA, Hahn GL, Brown-Brandl TM, Eingenberg RA. 2003. Heat stress climatic conditions and the physiological responses of cattle. En: Janni, K. (ed), Fifth International Dairy Housing Proceeding of the Conference, ASAE Publication Number 701P0203 Fort Worth. 255-262.

NRC (National Research Council). 2000. Nutrient Requirements of Beef Cattle: Seventh Revised Edition. Washington DC, USA. National Academy Press, 242

NRC (National Research Council) 1996. Seventh Revised Edition. Washington DC, USA. National Academy Press, 508-509.

Ørskov ER, McDonald I. 1979. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighed according to the rate of passage. *The Journal of Agricultural Science*. 92: 499- 503.

Pancini S. 2018. Evaluación productiva y nutricional de granos de destilería secos de sorgo como ingrediente de raciones para terneros alimentados en confinamiento. Tesis de maestría en Ciencias Agrarias opción Producción animal. Uruguay. Facultad de agronomía. Udelar.

Pancini S, Beretta V, Simeone A. 2017. Uso de granos de destilería de sorgo en la recría de terneros: resultados productivos en el sistema ADT. In: Hablan los protagonistas: productores, industriales e investigadores. 19a Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de carne. UPIC. Facultad de Agronomía. Uruguay. 47-56.

Plascencia A, Mendoza MGD, Vásquez PC, Zinn RA. 2003. Relationship between body weight and level of fat supplementation on fatty acid digestion in feedlot cattle. *Journal of Animal Science*. 81: 2653–2659.

- Porter KS, Axtell JD, Lechtenberg VL, Colenbrander VF. 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.
- Raposo S, Da Costa R, Bungenstab DJ. 2015. *Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações*. Brasília, DF. Embrapa. 150
- Raposo S, Tobias C. 2015. *Carboidratos na nutrição de gado de corte. Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações*. Brasília, DF. Embrapa. 45-60
- Reinoso V, Soto C. 2012. *Suplementación proteica en ganado de carne a pastoreo. Teoría y Práctica*. p11-24. Consultado 2 de diciembre 2020. Disponible en [https://images.engormix.com//externalFiles/65\\_LIBRO\\_Reinoso%20&%20Soto%20\(2012\)%20-%20Suplementacion%20proteica%20en%20ganado%20de%20carne%20a%20pastoreo.pdf](https://images.engormix.com//externalFiles/65_LIBRO_Reinoso%20&%20Soto%20(2012)%20-%20Suplementacion%20proteica%20en%20ganado%20de%20carne%20a%20pastoreo.pdf)
- Restle J, Roso C, Aita V, Nörnberg JL, Brondan IL, Cerdótes L, Carrilho CDO. 2002. *Produção animal em pastagem com gramíneas de estação quente*. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 31(3): 1491-1500.
- Ribeiro ME, Costa AL, Gonçalves LC, Santos JA, Primola S, Borges I, Rodriguez NM, Campos M. 2008. *Potencial forrageiro de seis híbridos de Sorgo com Capim Sudão*. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. 7 (1): 33-47.
- Rovira P. 2012. *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay*. Instituto Nacional De Investigación Agropecuaria. INIA. Serie técnica 202
- Rovira P, Do Carmo M. 2012. *Evolución de las principales variables climáticas relacionadas al estrés calórico en la serie histórica 1973-2010*. INIA. Serie técnica 202. 13-18.

- Rovira P. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. En: Jornada anual de producción animal. Resultados experimentales, INIA Treinta y Tres. Montevideo: INIA. (Serie Actividades de Difusión; 294). 79-95.
- 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. Uruguay. Consultado 28 de julio 2020. Disponible en <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/bitstream/20.500.12008/1791/1/0026sar.pdf>.
- SCA. 2007. Feeding standards for Australian livestock. ruminants. Melbourne: CSIRO Publishing. 296.
- Shi Y, Weimer PJ. 1992. Response surface analysis of the effects of pH and dilution rate on *Ruminococcus flavefaciens* FD-1 in cellulose-fed continuous culture. *Applied and Environmental Microbiology*. 58(8): 2583-2591.
- Silva RGD, Morais DAEF, Guilhermino MM. 2007. Evaluation of thermal stress indexes for dairy cows in tropical regions. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 36(4): 1192-1198.
- Simeone A, Beretta V, Buffa IJ. 2016. A 27 años de la sequía de 1989: pasado, presente y futuro de la suplementación sobre pasturas en sistemas de invernada. In: A pasto y a corral dos caminos con un mismo destino. 18a Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de carne. Uruguay. UPIC. Consultado 28 de julio 2020. Disponible: <http://www.upic.edu.uy>
- Simeone A, Beretta V, Caorsi CJ. 2010a. Efecto de la sombra natural sobre la performance estival de vaquillonas pastoreando campo natural de áreas forestadas. *Agrociencia*. 14: 137.

- Simeone A, Beretta V, Elizalde JC, Cortazzo D, Viera G. 2010b. La problemática del verano en la recría y engorde de ganado de carne en condiciones de pastoreo y de corral. En: Ganadería a pasto, feedlot e Industria frigorífica: ¿es posible una integración de tipo "ganar-ganar" en la cadena de la carne? 12ª Jornada Anual de la Unidad de Producción Intensiva de carne. Uruguay. UPIC. Consultado 28 de julio 2020. Disponible: <http://www.upic.edu.uy>
- 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. Uruguay. UPIC. Uruguay. UPIC. Consultado 10 junio 2018. Disponible: <http://www.upic.edu.uy>
- 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. Uruguay. UPIC. 10-17. Consultado 28 de julio 2020. Disponible: <http://www.upic.edu.uy>
- Simeone A. 2001. Carga estacional en empresas GIPROCAR. En: Jornada del GIPROCAR\_FUCREA. Montevideo. Latu.
- Simeone A. 2000. Producción Intensiva de Carne (II). Revista Fucrea. 205: 16 - 19.
- St-Pierre N, Cobanov RB, Schnitkey G. 2003. Economic losses from heat stress by US livestock industries. Journal of Dairy Science. 86: 52 – 77.
- Suarez-Mena FX, Hill TM, Heinrichs AJ, Bateman Ii HG, Aldrich JM, Schlotterbeck RL. 2011. Effects of including corn distillers dried grains with solubles in dairy calf feeds. Journal of Dairy science. 94(6): 3037-3044.
- Thom EC. 1959. The discomfort index. Weatherwise. 12: 57-59.
- Tomich TR, Gonçalves LC, Maurício RM, Pereira LG, Rodrigues JA. 2003. Composição bromatológica e cinética de fermentação ruminal de híbridos de

sorgo com capim-sudão. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 55 (6): 747-755.

Trujillo AI, Bruni M, Chilbroste 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.

Ustarroz E, Y De León M. 2006. Utilización de pasturas y suplementación con granos en invernada. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Informe Técnico No.7. Proyecto Ganadero Regional.

Ustarroz E, De Leon M. 1999. Suplementación con granos en invernada. En: Producción intensiva de carne. II Congreso Nacional para productores y profesionales. *Revista Forrajes y Granos*. 37-66.

Valtorta SC, Gallardo MR, Y Leva PE. 2004. Olas de calor: impacto sobre la producción lechera en la cuenca central argentina. En: Asociación Argentina de Agrometeorología (ed), Reunión Argentina, 10ma. y Latinoamericana 4ta. De Agrometeorología, Memorias en disco compacto. Mar del Plata.

Valtorta SE, Gallardo MR. 2004. Evaporative cooling for Holstein dairy cows under grazing conditions. *International Journal of Biometeorology*. 48(4): 213-217.

Valtorta SE, Gallardo MR, Castro HC, Castelli ME. 1996. Artificial shade and supplementation effects on grazing dairy cows in Argentina. *Transactions of the ASAE*. 39(1): 233-236.

Van Keulen JYBA, Young BA. 1977. Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 44(2): 282-287.

Van Soest P. 1994. Nutritional ecology of the ruminant. 2nd Edition. Cornell University Press. 476.

- Vargas CF. 2005. Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp). *Agronomía Mesoamericana*. 215-223.
- Xu L, Jin Y, He ML, Li C, McAllister TA, Yang WZ. 2013. Effects of increasing levels of corn dried distillers grains with solubles and monensin on intake, digestion, and ruminal fermentation in beef heifers fed high-barley grain diets. *Journal of Animal Science*. 91(11): 5390-5398.
- 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: an International Journal of Animal Bioscience*. 7(12): 1901.
- Zinn RA. 1989. Influence of level and source of dietary fat on its comparative feeding value in finishing diets for steers: feedlot cattle growth and performance. *Journal of Animal Science*. 67(4): 1029-1037.

## **7. ANEXOS “Efecto de la suplementación con granos de destilería y el encierro diurno sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum, spp.*) durante el verano**

Dainelis Casanova<sup>1\*</sup>, Virginia Beretta<sup>2</sup>, Celmira Saravia <sup>2</sup>O. Bentancur<sup>2</sup>, E.M. Tagliani<sup>2</sup>, M. Taño<sup>2</sup> y A. Simeone<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Ciencia Animal (ICA) Mayabeque – Cuba.* <sup>2</sup>*Facultad de Agronomía, Universidad de la República Paysandú - Uruguay.*

\*E-mail: [dcasanova@ica.co.cu](mailto:dcasanova@ica.co.cu); [dcdainelis@gmail.com](mailto:dcdainelis@gmail.com)

Este artículo será publicado en la Revista Cubana de Ciencia Agrícola

### **RESUMEN**

El trabajo se realizó, en el Litoral Oeste de Uruguay, sobre 6 ha de sorgo forrajero para evaluar el efecto de la suplementación con granos de destilería más solubles (DDGS) y del encierro diurno con sombra sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero. Cuarenta y ocho novillos Hereford ( $267 \pm 29,5$  kg), fueron asignados al azar a cuatro tratamientos en arreglo factorial 2 x 2: 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 (MS) de forraje cada 100 kg de peso vivo (PV), se suplementó con DDGS a razón de 1 kg MS/100kg PV. Entre las 10:00 h a 16:00 h los animales con encierro diurno se retiraron de la pastura a un corral próximo provisto de agua y sombra artificial. La suplementación con DDGS mejoró el comportamiento productivo independientemente del manejo del pastoreo utilizado. La suplementación aumentó el consumo de MS, duplicó las ganancias de peso vivo, con 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 confort de los animales, no afectó el consumo de MS, ni la actividad de pastoreo, sin embargo, no fue suficiente para expresar una mejora en ganancia media diaria.

**Palabras clave:** novillos, suplementación, DDGS, encierro diurno



## INTRODUCCIÓN

El ganado vacuno en engorde que pastorea campo natural y/o pasturas sembradas durante el verano en Uruguay registra un marcado descenso en productividad en relación a lo logrado en primavera (Simeone 2000), asociado a la baja producción y calidad de las pasturas (Carámbula 2007) y al elevado Índice de Temperatura y Humedad (ITH) (Thom 1959 y Cruz y Saravia 2008).

La suplementación sobre verdeos (Montossi *et al.* 2017), la restricción del tiempo de acceso a la pastura asociado al encierro con sombra artificial y agua en vacunos pastoreando praderas (Beretta *et al.* 2013) y verdeos (Rovira 2012), así como el libre acceso a sombra natural en áreas forestales en ganado pastoreando campo natural (Simeone *et al.* 2010), han sido, estrategias utilizadas indistintamente en Uruguay para mejorar el performance estival en ganado de carne e intentar disminuir los efectos adversos del estrés calórico pero las respuestas en ganancias han sido muy variadas.

El sorgo forrajero mejora la base forrajera por su capacidad adaptativa al ambiente y altos volúmenes de forraje (Carámbula 2007 y Fernández *et al.* 2011) sin embargo, el bajo nivel de proteína y alto contenido de fibra (Vargas 2005), podría disminuir la productividad del ganado en desarrollo (Aello y Di Marco 2004). Ofrecer un suplemento que permita levantar las limitantes nutricionales de la pastura parecería ser una opción.

Los granos secos y solubles de destilería (DDGS) son suplementos energético-proteicos no almidonosos (29,5% PC, 3,18 EM Mcal/ kg) (NRC, 1996) altos en proteína no degradable en rumen, fibra de alta digestibilidad y elevado contenido del extracto etéreo (Trujillo *et al.* 2017) que los sitúan como alimentos de alta densidad energética y bajo incremento calórico (Klopfenstein *et al.* 2008 y De Boever *et al.* 2014 y Ku Vera *et al.* 2014). Lo que podría ser una alternativa de mayor impacto productivo, sin embargo, son escasos los trabajos que evalúen este subproducto en condiciones pastoriles en el período estival, en animales consumiendo verdeos de verano.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de la suplementación con granos de destilería y del encierro diurno con sombra artificial sobre el comportamiento productivo de novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero (*Sorghum spp.*).

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo se realizó, en el Litoral Oeste de Uruguay (Lat: 32,5° S, Long: 58° W), desde 16/1/19 hasta el 6/3/19, sobre 6 ha de sorgo forrajero (híbrido ADV 2800), sembradas el 1/12/2018 a razón de 25 kg/ha con 60 kg/ha de fertilizante (18-46-0) y fertilizadas con urea luego del primer pastoreo (100 kg/ha).

### **Animales, tratamientos y diseño experimental**

Cuarenta y ocho novillos Hereford ( $267 \pm 29,5$  kg), se asignaron al azar a cuatro tratamientos, en arreglo factorial  $2 \times 2$ . Un factor, el manejo de la suplementación (sin suplemento; SS vs con suplemento; CS) y otro, el manejo del pastoreo (pastoreo libre; PL vs encierro diurno; E). Los tratamientos fueron: pastoreo libre sin suplemento; pastoreo libre con suplemento; encierro diurno sin suplemento; encierro diurno con suplemento. Cada tratamiento conformado por dos repeticiones, seis animales por repetición, manejados en parcelas independientes.

### **Manejo experimental**

La suplementación se realizó a las 7:00 h con DDGS (mezcla 40% maíz, 60% trigo), a razón de 1 kg de materia seca (MS) cada 100 kg de peso vivo (PV) (1% PV). Ofrecido en comederos grupales por repetición dentro de la parcela, ajustándose la cantidad ofrecida cada 14 días de acuerdo al contenido de MS y al último PV.

Entre las 10:00 h y 16:00 h los animales con encierro diurno eran retirados de la pastura y trasladados a un área adyacente al área de potrero, dividida en cuatro corrales delimitado por alambrado eléctrico (1 por unidad experimental), provistos de agua y sombra artificial (malla 80% intercepción; 2,75 m de altura; 3,5 m<sup>2</sup>/animal; orientación Este-Oeste).

El pastoreo fue rotativo en franjas semanales con asignación de forraje de 8% PV. El área de pastoreo fue delimitada por alambrado eléctrico y ajustada semanalmente, variando el área de pastura ofrecida, de acuerdo con la biomasa de MS disponible y al último PV, sin considerar la proyección de ganancia media diaria (GMD), ni tasa de crecimiento del sorgo. El cambio de franja se realizó siempre en la mañana posterior a la suplementación.

### **Muestreo, mediciones en la pastura y suplemento**

Se registró el PV cada 14 días, previo ayuno de 12-16 h. La biomasa de forraje disponible (FD) y remanente (FR) se determinó semanalmente mediante la técnica de doble muestreo (Haydock y Shaw 1975) con 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 semanalmente 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. La altura del FD y FR fue medida con regla en cinco puntos de la diagonal de cada cuadro de la escala, registrando el punto de contacto con la hoja viva más alta sin extender. La utilización del forraje (UF) fue calculada como:  $UF (\%) = [(FD - FR) / FD] * 100$ .

El consumo de suplemento se registró diariamente como la diferencia entre la cantidad ofrecida y rechazada. Muestras de suplemento ofrecido y rechazado fueron colectadas semanalmente y colocadas en estufa para determinar peso seco, y conservadas para posterior análisis químico.

El comportamiento en pastoreo diurno se realizó en cuatro novillos por tratamiento elegidos al azar mediante observación directa registrando cada 20 minutos durante horas luz (7:00 a 19:00 h) la actividad realizada: pastoreo (efectivo y búsqueda), rumia, descanso, acceso a comederos 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 y 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).

### **Ambiente meteorológico e indicadores de estrés por calor**

Registros de la serie histórica 2002-2019 y registros diarios de temperatura del aire (T, °C), humedad relativa (HR, %), velocidad de los vientos (VV, m/s) y radiación solar (RAD, W/m<sup>2</sup>), fueron tomados por la estación meteorológica automática (Modelo Vantage Pro 2, Davis Instruments, CA, 2007) en la Estación Experimental Mario A Cassinoni, estimándose el Índice de Temperatura y Humedad ajustado a partir del Índice de Temperatura y Humedad según (Mader *et al.* 2006):  $ITH_{\text{ajustado}} \text{ diario} = 6,8 + ITH - (3,075 * VV) + (0,00055 * RAD)$ .

Fueron colocadas cuatro esferas de Vernon (BG), dos bajo sombra y dos al sol a 1,5 m de altura (Berbigier 1988). La temperatura se registró dentro de las esferas cada 30 minutos mediante sensores Kooltrak (iButtons-TMEX modelo DS1921, Dallas Semiconductors, Dallas, TX), a partir del cual se estimó BGITH tanto para sol como para sombra (Mader *et al.* 2006):  $BGITH = 0,8 * BG + [(HR/100) * (BG - 14,4)] + 46,4$ .

La frecuencia respiratoria (FR) fue medida 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 h y 16:00 h) en los mismos animales observados para comportamiento en pastoreo.

### **Variables calculadas**

El consumo de MS de forraje fue estimado para cada unidad experimental a través del *Beef Cattle Nutrient Requirement Model* (BCNRM 2016), utilizando como insumos del modelo información recolectada durante el período experimental: PV animal (inicio y final), días de pastoreo, FD y área utilizada, suplemento consumido, e información meteorológica como T, HR, RAD y VV. Como información de alimentos se utilizó la reportada por la biblioteca de alimentos del modelo, corrigiendo con información analítica el aporte de cenizas, proteína, extracto etéreo y

FDN de del sorgo forrajero y el DDGS. El consumo fue obtenido a partir de la GMD observada en cada parcela de pastoreo, ejecutando la función de cálculo del modelo (solución empírica), y ajustando por aproximaciones sucesivas el consumo de forraje necesario para lograr la ganancia de peso respectiva. El aporte EM en cada dieta fue obtenido a partir del modelo.

### **Análisis químico**

Las muestras de suplemento y las muestras secas de las escalas correspondientes a la determinación de la biomasa ofrecida fueron molidas a 2 mm de diámetro en un molino WILEY y combinadas en una única muestra compuestas por alimento para el periodo experimental. Sobre estas muestras 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), AOAC (2007). El contenido de N insoluble en detergente ácido, FDN usando  $\alpha$ -amilasa y corrigiendo por contaminación con cenizas (aFDN<sub>mo</sub>) y fibra detergente ácido (FDA) se determinó según Goering y Van Soest (1970).

### **Análisis estadístico**

Para el análisis de los datos se utilizaron modelos lineales del paquete estadístico SAS versión 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, 2012) correspondiente a un diseño de parcelas al azar tomando como unidad experimental al conjunto de animales por parcela de pastoreo. El comportamiento en pastoreo se analizó ajustando modelos lineales generalizados de medidas repetidas asumiendo una distribución binomial a través del procedimiento GLIMMIX. Para determinar BG en sol y sombra, usando los datos horarios, se ajustó un modelo estacional ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average) hasta obtener en cada hora el valor predicho y el error estándar y comparar mediante la prueba t bilateral.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Ambiente meteorológico e indicadores de estrés por calor

En el Cuadro 1. se presentan los registros promedios, T, HR, VV y RAD, tomados de la estación meteorológica y esferas de Vernon, así como el promedio de los índices biometeorológicos (ITH, ITH<sub>ajustado</sub> y BGITH sol y sombra) para la serie histórica (2002-2018) y experimental (2019).

Los valores de T, HR, VV y RAD, ITH e ITH<sub>ajustado</sub> se ubicaron dentro de +/-1 desvío del valor promedio histórico situando al año dentro de un año promedio. El período experimental presentó T máxima y HR inferior al registro histórico y una mayor VV y RAD, lo que resultó en menor ITH e ITH<sub>ajustado</sub> máximo. Los valores promedio de T se encontraron en los límites de la zona termoneutra (0 a 25°C) reportados para animales tipo *táurido*, mientras que, la HR se encontró por encima del valor que se considera aceptable (70%) cuando la T está dentro de la zona termoneutra (Bianca 1965).

El período experimental presentó un menor porcentaje de días con ITH normal (62,0 vs 67,2%; ITH  $\leq$  74) respecto a la serie histórica lo que 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 (*Livestock Weather Safety Indexes*) (Eigenberg *et al.* 2005). El ajuste del ITH por la VV y RAD redujo el porcentaje de horas con ITH en categoría normal y alerta aumentando el porcentaje de días en peligro y emergencia.

Cuadro 1. Registro climatológicos e índices biometeorológicos correspondientes al período experimental y la serie histórica 2002-2018.

	Año 2019			Año 2002-2018		
	(16 de enero al 6 de marzo)			(16 de enero al 6 de marzo)		
	Promedio	Max	Min	Promedio	Max	Min
T (°C)	23,3 ± 3,4	28,9	16,7	24,0 ± 2,8	33,1	15,2
HR (%)	76,5 ± 10,2	94,8	60,0	69,2 ± 13,5	100,1	24,6
VV (m/s)	3,3 ± 3,4	16,4	0	2,7 ± 1,8	13,9	0
RAD (W/m <sup>2</sup> )	251,6 ± 80,3	354,7	52,8	267,8 ± 95,3	307,5	0
ITH	71,5 ± 5,2	80,8	61,0	72,0 ± 3,9	83,7	59,1
ITH <sub>ajustado</sub>	68,4 ± 13,5	84,3	19,6	70,6 ± 7,2	86,1	31,0
BGITH <sub>Sol</sub>	76,9 ± 1,1 <sub>a</sub>	81,6	68,2	-	-	-
BGITH <sub>Sombra</sub>	73,2 ± 1,1 <sub>b</sub>	77,6	68,3	-	-	-

T: Temperatura (°C); HR: Humedad relativa (%); VV: Velocidad de los vientos (m/s); RAD: Radiación solar (W/m<sup>2</sup>); ITH: Índices de Temperatura y Humedad; ITH<sub>ajustado</sub>: Índices de Temperatura y Humedad ajustado por VV y RAD; BGITH: Índices de Temperatura y Humedad ajustada por la temperatura de las esferas de Vernon; Max: Máximo; Min: Mínima. Medidas seguidas de letras distintas indican diferencias significativas (P < 0,05).

Al analizar la distribución horaria del ITH se observó que alrededor del 52% de las horas el ITH se encontró en valores normales correspondiendo el 54% a la fase nocturna (21:00 a 7:00 h) y 46% a la fase diurna (7:00 a 20:00 h). El 95,3% de las horas en que el indicador de ITH se encontró en valores de alerta correspondía a la fase diurna mientras que la distribución horaria en valores de emergencia se dio solamente entre las 11:00 y 18:00 h. Lo que estima la baja duración del período disponible para recuperación de confort térmico (Cruz y Saravia 2008).

El BGITH fue significativamente menor en la sombra que en sol (P < 0,05), encontrándose las mayores diferencias desde las 12:00 h hasta las 20:00 h. Tanto en sombra como en sol el BGITH fue mayor a 74 desde las 9:00 h hasta las 20:00 h. Gaughan *et al.* (2010) plantearon, que el acceso a sombra reduce el impacto de la

carga de calor recibida por radiación. Por tanto, los animales PL recibieron mayor incidencia de radiación solar incrementando la carga calórica durante todo el día, mientras que E realizó la última sección de pastoreo cuando la T aún era elevada.

Si tenemos en cuenta que las altas T en Uruguay comienzan desde el mes de diciembre (Cruz y Saravia 2008 y Rovira 2012), observamos que, desde el 21 de diciembre (comienzo de la estación estival) hasta el 15 de enero (día anterior al comienzo de período experimental) la T promedio registrada fue de  $23,7 \pm 4,1^{\circ}\text{C}$  con  $80,3 \pm 12,4\%$  de HR, estimándose un ITH promedio 72,5. Por tanto, es posible que la aclimatación haya contribuido atenuar el estrés en el ganado en pastoreo reduciendo la respuesta productiva frente al manejo del pastoreo y el acceso a sombra asociado a demás a las altas temperaturas entre las 16:00 y 20:00h durante el período experimental.

La FR (valor promedio diario) fue afectada por la sombra y por la suplementación, presentando mayores FR los animales PL respecto E ( $66,20$  vs  $53,46 \pm 1,7$  resp/min;  $P = 0,0061$ ) y CS respecto SS ( $51,76$  vs  $67,90 \pm 1,7$  resp/min;  $P = 0,0026$ ), sin interacción entre tratamientos ( $P = 0,6962$ ). La FR fue mayor en el horario de la tarde con respecto a la mañana ( $P < ,0001$ ), registrándose interacción significativa entre: manejo pastoreo x horario; manejo suplementación x horario; manejo pastoreo x manejo suplementación x horario (Figura 1).

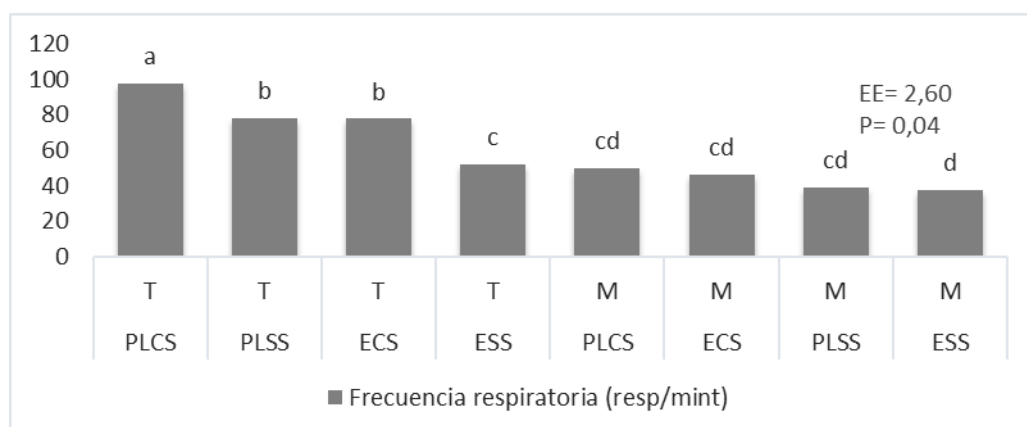


Figura 1. Frecuencia respiratoria (resp/min) de animales Hereford con diferentes manejos del pastoreo y de la suplementación en dos momentos del día.



PLSS: pastoreo libre sin suplemento; PLCS: pastoreo libre con suplemento; ESS: encierro sin suplemento; ECS: encierro con suplemento; M: horario de mañana 7:00 h; T: horario de tarde (16:00 h); EE: error estándar. Letras distintas indican diferencias significativas para  $P < 0,05$ .

La alta FR de los animales en pastoreo libre con suplementación durante la tarde, evidenció una mayor respuesta a la sombra con respecto a los animales que se encontraban en pastoreo libre sin suplemento. Las principales causas de producción de calor son la ingesta de alimentos energéticos y la radiación solar (Brosh *et al.* 1998) y a través de las vías respiratorias se puede perder alrededor del 15% del calor retenido (Finch 1986). Si bien es posible que la sombra no mejorara las variables productivas si contribuyó a la mejora del confort.

### **Biomasa forrajera y utilización**

La biomasa y altura promedio de forraje al ingreso a la parcela de pastoreo fue  $8834,5 \pm 1383,8$  kg/ha y  $107,3 \pm 18,4$  cm de altura siendo mayor el forraje disponible en los tratamientos E con respecto PL, siendo esta respuesta al manejo del pastoreo dependiente de la suplementación ( $P < 0,05$ ).

El forraje residual no defirió según el manejo del pastoreo ( $P = 0,08$ ) pero si según el manejo de la suplementación ( $P < 0,05$ ) siendo menor en SS. La altura del forraje residual fue menor en E con respecto a PL ( $P = 0,001$ ) y en el tratamiento SS con respecto a CS ( $P < 0,05$ ). La utilización de forraje no se afectó por ninguno de los manejos utilizados ( $P > 0,05$ ) (Cuadro 2.).

Cuadro 2. Efecto del manejo del pastoreo y de la suplementación sobre la biomasa forrajera y utilización.

	MP		S		EE	Significancia		
	E	PL	SS	CS		MP	S	S × MP
FD (kg/ha)	9233,9	8435,1	8727,6	8941,4	211,1	0,02	0,49	0,03
AE (cm)	111,1	103,6	106	108,7	2,6	0,06	0,48	0,01
FR (kg/ha)	3018,2	3624	2747,8	3894,4	182,1	0,08	0,01	0,48
AS (cm)	33,9	44,4	33,6	44,7	1,9	0,001	0,001	0,54
UF (%)	66,7	53,9	66,2	54,4	3,5	0,06	0,08	0,81

MP: Manejo de Pastoreo; S: Manejo de la Suplementación; MP x S; interacción manejo por suplemento; EE: Error estándar de la media; E: animales bajo encierro diurno; PL: animales en pastoreo libre; SS: animales sin suplemento; CS: animales con suplemento; FD: Forraje Disponible (kg/ha); AE: Altura de entrada (cm); FR: Forraje Residual (kg/ha); U: Utilización de Forraje (%).

La tasa de crecimiento fue de  $105,4 \pm 40,3$  kg MS/d, para una asignación efectiva de forraje de 8,1% PV. Pareciera ser que la disponibilidad de forraje no fuera una limitante para el consumo, manejando una carga de 5,3 animales/ha, cargas iguales Rovira (2002) y mayores Esquivel *et al.* (2012) han sido utilizadas en novillos pastoreando sorgo con respuestas similares. Pudiera ser que la principal limitante del consumo y ganancia de peso fuera la calidad de la pastura.

### Consumo, crecimiento y eficiencia de conversión del suplemento

La respuesta a la suplementación con DDGS no dependió del manejo del pastoreo dirigido a reducir el estrés por calor en novillos pastoreando sorgo forrajero en ninguna de las variables analizadas. El manejo del pastoreo no afectó las variables productivas (PV, GMD, EC) ni de consumo de MS ( $P > 0,05$ ) (Cuadro 3.).

La suplementación al 1% PV incrementó 2,9 veces la GMD respecto al testigo. Aun cuando disminuyó el consumo de forraje, aumentó el consumo total de MS (0,9

kg/animal/día) e incrementó el aporte diario de energía metabolizable (EM; 36%) y proteína metabolizables (PM; 168%) con relación al tratamiento testigo.

Cuadro 3. Efecto del manejo de la suplementación y del manejo del pastoreo sobre el consumo de materia seca, ganancia de peso y eficiencia de conversión del suplemento.

	MP		S		EE	Significancia		
	E	PL	SS	CS		MP	S	S × MP
CMSF (kg/a/d)	5,06	5,07	6,05	4,09	0,16	0,97	0,001	0,94
CMSS (kg/a/d)	1,40	1,40	-	2,90	0,04	0,91	<,001	0,91
CMST (kg/a/d)	6,50	6,51	6,05	6,99	0,16	0,97	0,01	0,94
CEM (Mcal/d)	16,0	16,03	13,58	18,45	0,39	0,97	0,001	0,94
CPM (g/d)	639,0	640,0	347,5	931,0	11,5	0,98	<,0001	0,96
PV inc (kg)	261,7	265,0	263,7	263,0	1,84	0,07	0,59	0,03
PV fin (kg)	311,8	308,2	287,2	332,8	6,76	0,36	<,0001	0,25
GMD (kg/a/d)	0,92	0,93	0,46	1,39	0,07	0,74	<,0001	0,74
EC (S/kg PV)	-	-	-	3,1	0,13	0,53	-	-

MP: Manejo de Pastoreo; S: Manejo de la Suplementación; MP x S; interacción manejo por suplemento; EE: Error estándar de la media; E: animales bajo encierro diurno; PL: animales en pastoreo libre; SS: animales sin suplemento; CS: animales con suplemento; 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); CEM: Consumo de Energía Metabolizable (Mcal/d); CPM: consumo de proteína metabolizable; PV: peso vivo (kg); GMD: ganancia media diaria (kg/a/d); EC: eficiencia de conversión del suplemento (S/kg PV).

En el Cuadro 4, se muestra la composición química del DDGS y del sorgo forrajero, así como de las dietas resultantes en cada tratamiento para el promedio del período experimental.

Los novillos SS registraron un consumo equivalente al 2,5% del peso vivo. Según CSIRO (2007), el consumo potencial estimado para novillos Hereford en función de

su edad y peso sería del orden de los 11 kg MS/d. Sin embargo, este estaría limitado en un 37% debido fundamentalmente al efecto restrictivo asociado a la calidad de la pastura (estimado en 0,7 del valor del consumo potencial) y en menor medida debido a por la capacidad de cosecha asociada a la disponibilidad (estimado en 0,9 del consumo potencial), arrojando un valor de 6,9 kg similar al estimado para novillos sin suplementación.

Cuadro 4. Composición química del DDGS, sorgo forrajero y dietas resultantes en cada tratamiento.

<b>Composición química (% en base seca)</b>	<b>Forraje disponible</b>	<b>DDGS</b>	<b>Dieta SS</b>	<b>Dieta CS</b>	<b>Dieta E</b>	<b>Dieta PL</b>
Materia seca	18,9	94,1	18,9	50,1	35,0	35,0
MO Cenizas	13,0	4,7	13,0	9,6	11,1	11,1
Proteína cruda	8,9	36,0	8,9	20,1	14,7	14,7
Fibra detergente neutro	62,6	62,7	62,2	62,6	62,2	62,2
Extracto etéreo	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
EM* (Mcal/kg)	2,25	3,21	2,25	2,65	2,44	2,44

<sup>SS</sup> Sin suplemento; <sup>CS</sup> Con suplemento; <sup>E</sup> Encierro diurno; <sup>PL</sup> Pastoreo libre. 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).

En los novillos CS un mayor consumo de MS asociado a una mayor concentración de proteína en la dieta respecto al testigo (20,1 vs. 8,9) permitió levantar la restricción en el aporte de PM diagnosticado para el testigo, elevando además el aporte de EM (2,65 vs. 2,25) y con ello la ganancia diaria. En los animales que consumieron DDGS el origen del aporte de PM fue mayormente de la proteína no degradable en rumen (59,2% vs 34,4% proveniente de la síntesis de proteína microbiana).

La sustitución de forraje por suplemento habría sido del orden  $0,68 \pm 0,09$  evidenciando un efecto de sustitución-adición por parte del suplemento. Este valor de tasa de sustitución estaría por debajo de valores reportados por CSIRO (2007), de acuerdo con la cantidad y calidad de la base forrajera y del suplemento, que para presente trabajo sería del orden de 0,81.

No se observó efecto de la interacción entre el manejo de la suplementación y el manejo de pastoreo utilizado sobre la GMD, siendo una variable solamente afectada por la suplementación. La evaluación nutricional de la dieta BCNRM (2016), evidencia que 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 604% los requerimientos para la GMD observada.

La respuesta a la suplementación fue de 0,928 kg/d con una eficiencia de conversión del suplemento de 3,1:1, que no fue afectada por el manejo del pastoreo (Cuadro 3.). Este valor representa una mejora con respecto a los reportados para esta categoría sobre praderas mezclas suplementados con grano de maíz al 1% PV (6:1, 9:1 y 45:1) (Simeone y Beretta 2004 y Simeone y Beretta 2008) y sobre verdeos (sorgo y sudan) suplementados al 0,5% PV con eficiencia de conversión de 13:1 (expeler de soja) y 33:1 (expeler de girasol) (Montossi *et al.* 2017).

Bajos valores de eficiencia conversión del alimento están explicado por la alta respuesta en ganancia de PV con relación a testigo sin suplementar. La misma sería el resultado en gran parte del aumento en consumo de MS y EM estimados para los novillos. Altas ganancias de PV como las logradas al suplementar, si bien es probable que presenten un mayor costo energético por kg de PV ganado con relación al testigo al aumentar la proporción de grasa en la ganancia, también contribuyen a diluir el peso relativo del gasto de mantenimiento incidiendo en la eficiencia general del crecimiento (CSIRO 2007 y Larson *et al.* 2019).

El efecto de la sombra sobre la ganancia de peso ha sido variado en animales de feedlots (Mader *et al.* 1999 y Gaughan *et al.* 2010) así como en animales en pastoreo. A nivel nacional Simeone *et al.* (2010), reportan para vacunos pastoreando en campo

natural con acceso libre a sombra una respuesta en torno 0,250 kg/día. En praderas con encierro con sombra y agua Berreta *et al.* (2013), hallaron una mejora del 14%. Sin embargo, Rovira (2012), a pesar de encontrar mejoras numéricas en ganancia de peso no halló efecto significativo de la disponibilidad de sombra en ganado de carne pastoreando Sudangras ni Saravia (2009), en vacas lecheras Holando y Jersey pastoreando sorgo.

A pesar de las condiciones ambientales habrían sido predisponentes a estrés térmico, no se afectó el consumo de alimentos ni la ganancia de peso. Es posible que esta respuesta responda en parte a un efecto de aclimatización. Dado que el ganado comenzaría aclimatarse en un período de dos a siete semanas de exposición al calor, cuando las temperaturas varían desde 28°C hasta 45°C (Bianca 1959 y McDowell *et al.* 1968).

### **Comportamiento en pastoreo**

El comportamiento en pastoreo, evaluado a través de la probabilidad de hallar animales pastoreando, rumiando o en descanso durante el periodo de observación, fue afectado por la suplementación ( $P < 0,05$ ). Las actividades de pastoreo y rumia fueron mayores en animales SS en relación CS ( $P < 0,05$ ) presentando además un menor tiempo de descanso ( $P < 0,05$ ) sin afectar la tasa de bocado promedio ( $P > 0,05$ ).

Es posible, que los animales CS hayan disminuido el gasto energético debido a una menor actividad de pastoreo y rumia sin diferencias en cuanto a la tasa de bocado respecto al testigo. Di Marco y Aello (2001) reportan, incrementos del gasto energético asociado a la cosecha del forraje (kcal/hora/PV<sup>0,75</sup>) que dependiendo de las condiciones de la pastura podrían variar entre 16% y 52%.

El manejo del pastoreo afectó solo la rumia ( $P < 0,05$ ), observándose que animales E permanecieron más tiempo rumiando que PL respectivamente (Cuadro 5.). La tasa de bocado no se afectó por el manejo del pastoreo ( $P > 0,05$ ), ni por el horario en los que fue realizada la medición (7:00; 16:00).

Cuadro 5. Efecto del manejo del pastoreo y la suplementación sobre la actividad de pastoreo, rumia, descanso y tasa de bocado.

Actividad	<i>Encierro</i>	<i>Pastoreo</i>	<i>Sin</i>	<i>Con</i>	<i>Significancia</i>		
	<i>diurno</i>	<i>libre</i>	<i>suplemento</i>	<i>suplemento</i>	<i>MP</i>	<i>S</i>	<i>MP*S</i>
Pastoreo	0,4 ± 0,01	0,4 ± 0,02	0,4 ± 0,02	0,3 ± 0,01	0,15	0,01	0,13
Rumia	0,2 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,2 ± 0,01	0,1 ± 0,01	0,01	0,01	0,25
Descanso	0,3 ± 0,05	0,4 ± 0,01	0,3 ± 0,01	0,4 ± 0,01	0,16	0,001	0,07
TB	11,8 ± 0,5	11,9 ± 0,5	12,10 ± 0,5	11,6 ± 0,5	0,95	0,52	0,76

MP: Manejo de Pastoreo; S: Manejo de la Suplementación; MP/S; interacción manejo por suplemento; TB: Tasa de Bocado (boc/min).

La distribución de actividades de comportamiento animal varió a lo largo del día. En las primeras 3 horas de la mañana los animales SS aumentaron la actividad de pastoreo respecto CS ( $0,7 \pm 0,04$  vs  $0,5 \pm 0,04$ ;  $P = 0,02$ ) que permanecieron más tiempo en descanso ( $0,1 \pm 0,02$  vs  $0,3 \pm 0,03$ ;  $P = 0,01$ ) sin deferencias en rumia ( $0,2 \pm 0,03$  vs  $0,1 \pm 0,02$ ;  $P = 0,08$ ). Luego en las últimas horas de la tarde los animales SS continuaron con mayor actividad de pastoreo con respecto CS ( $0,9 \pm 0,02$  vs  $0,8 \pm 0,03$ ;  $P = 0,01$ ).

El manejo de pastoreo no tuvo efecto sobre la actividad de pastoreo, rumia o descanso en la primera sesión de la mañana ( $P > 0,05$ ), pero a la salida del encierro los novillos E compensaron el menor tiempo de acceso a la pastura con una mayor actividad de pastoreo respecto a PL ( $0,9 \pm 0,02$  vs  $0,6 \pm 0,02$ ;  $P < 0,0001$ ), sin diferencia en las actividades restantes ( $P > 0,05$ ). El principal mecanismo por el cual el ganado responde a las restricciones en el tiempo de acceso a la pastura, es a través del aumento del tiempo de dedicado a pastar, durante el próximo tiempo disponible para pastoreo (Gregorini 2009 y Mattiauda *et al.* 2013). Ocurre principalmente temprano en la mañana y tarde en la tarde / temprano en la noche en ganado vacuno

y suelen ser más largos e intensos al anochecer (Gibb *et al.* 1998 y Gregorini *et al.* 2007).

El encierro diurno de los animales entre las 10:00 y 16:00 h no afectó el consumo diario de forraje, sin embargo, modificó patrón del pastoreo durante el tiempo de acceso a la pastura respecto al observado en animales en pastoreo libre. Estos resultados concuerdan con los reportados por Gregorini (2009) y Beretta *et al.* (2013), quienes no reportaron diferencias en consumo, pero si, mayor actividad de pastoreo en los animales con restricción del pastoreo.

## **CONCLUSIONES**

Novillos Hereford pastoreando sorgo forrajero con oferta de 8% de PV ven su 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 con eficiencia de 3,1 kg de suplemento por cada kg de PV. Esta respuesta es independiente del manejo del pastoreo y el acceso a sombra.

El encierro con sombra y agua entre las 10 y 16 h mejora el confort térmico de novillos pastoreando sorgo forrajero evaluado. Este manejo no afectaría el consumo diario de forraje, observándose un aumento de la actividad de pastoreo a la salida del encierro que compensa el menor tiempo de acceso a la pastura respecto al observado en animales en pastoreo libre sin acceso a sombra.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a las entidades uruguayas: Facultad de Agronomía (FAGRO) y Agencia Nacional de Investigación (ANII); así como, al Instituto de Ciencia Animal (ICA) en Cuba, por el apoyo y colaboración para la realización de dicho trabajo.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aello, M.S., Dimarco, O.N. 2004. Evaluación de alimentos. En: Curso de nutrición animal. Facultad de Ciencias Agrarias, UNMDP. Balcarce. 29-64.
- AOAC International (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis. VA: AOAC International. Arlington.
- AOAC International (Association of Official Analytical Chemists). 2007. Official Methods of Analysis. VA: AOAC International. Arlington. 98.13.
- BCNRM (Beef Cattle Nutrient Requirements Model). 2016. Nutrient Requirements of Beef Cattle. 8th ed. Nat. Acad. Sci. Washington, D.C.
- Berbigier, P. 1988. Bioclimatologie des ruminants domestiques en zonetropicale. INRA. Paris. 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. Uruguay. 17(1): 131-140.
- Bianca, W. 1959. Acclimatization of calves to a hot humid environment. J. Agric. Sci.52(3): 305-312.
- Bianca, W. 1965. Reviews of the progress of dairy science. Section A Physiology. Cattle in ahot environment. J. Dairy Res. 32.
- 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. J. Anim. Sci. 76(10): 2671-2677.
- Carámbula, M. 2007. Verdeos de verano. Hemisferio Sur. Montevideo. 13p.

- CSIRO. 2007. Nutrient requirements of domesticated ruminants. Consultado: 3 de octubre 2019. Disponible en: [https://books.google.co.ve/books?id=sJonfxmtq6EC&printsec=frontcover&source=gbs\\_atb#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.ve/books?id=sJonfxmtq6EC&printsec=frontcover&source=gbs_atb#v=onepage&q&f=false)
- Cruz, G., Saravia, C. 2008. Un índice de temperatura y humedad del aire para regionalizar la producción lechera en Uruguay. *Agrociencia*. Uruguay. 12(1): 56-60.
- 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. *Anim. Feed Sci. Technol.* 8(11): 1839-1850.
- Di Marco, O.N., Aello, M.S. 2001. Energy expenditure due to forage intake and walking of grazing cattle [En línea]. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*. 53: 105 - 110. Consultado: 3 de octubre 2018. Disponible en: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-09352001000100017](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-09352001000100017).
- 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. *Biosyst Eng.* 91(1): 111-118.
- Esquivel, J.E., Velazco, J.I., Rovira, P.J. 2012. Efecto del acceso a sombra artificial en la ganancia de peso, estrés y conducta de novillos pastoreando sudangras durante el verano. En: *Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. INIA. Serie Técnica 202. 54-58.

- Fernández, A.E., Stuart, R.J., Chongo, B., Martín, P.C. 2011. Ceba pastoril con sorgos nervadura marrón o BMR (Brown Middle Rib) como forraje fresco. *Rev. Cubana Cienc. Agríc.* 45(3): 251-256.
- Finch, V.A. 1986. Body temperature in beef cattle: its control and relevance to production in the tropics. *J. Anim. Sci.* 62.
- Forbes, T.D.A. 1988. Researching the plant-animal interface: the investigation of ingestive behavior in grazing animals. *J. Anim. Sci.* 66: 2369 - 2379.
- Gaughan, J.B., Bonner, S., Loxton, I., Mader, T.L., Lisle, I., Lawrence, L. 2010. Effect of shade on body temperature and performance of feedlot steers. *J. Anim. Sci.* 88: 4056-4067.
- Gibb, M.J., Huckle, C.A., Nuthall, R. 1998. Effect of time of day on grazing behavior by lactating dairy cows. *Grass Forage Sci.* 53: 41-46. doi:10.1046/j.1365-2494.1998.00102.x.
- Goering, H.K., Van Soest, P.J. 1970. Forage fibre analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). ARS. Washington: U.S. 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. *J. Dairy Sci.* 92(9): 4572-4580.
- 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. In *Proc. Am. Forage Grass. Counc. Annu. Meet. State College, PA.* 23-26.

- Haydock, K.P., Shaw, N.H. (1975). The comparative yield method for estimating dry matter yield of pastures. *Aust. J. Exp. Agric & Husb.* 15: 663 - 670.
- Klopfenstein, T.J., Erickson, G.E., Bremer, V.R. 2008. Board-invited review: Use of distillers by-products in the beef cattle feeding industry. *J. Anim. Sci.* 86(5): 1223-1231.
- 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. *Transl. Anim. Sci.* 3(4): 1153-1161.
- Mader, T.L., Davis, M.S., Brown-Brandl, T. 2006. Environmental factors influencing heat stress in feedlot cattle. *J. Anim. Sci.* 84(3): 712-719.
- 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. *PAS.* 15(1): 53-62.
- Mattiauda, D.A., Tamminga, S., Gibb, M.J., Soca, P., Bentancur, O., Chilbroste, P. 2013. Restricting access time at pasture and time of grazing allocation for Holstein dairy cows: ingestive behaviour, dry matter intake and milk production. *Livest. Sci.* 152: 53–62. doi: 10.1016/j.livsci.2012. 12.010.
- McDowell, R.E., Moody, E.G., Van Soest, P.J., Lehmann, R.P., Ford, G.L. 1968. Effect of heat stress on energy and water utilization of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 52(2): 188-194.
- Montossi, F., Cazzuli, F., Lagomarsino, X. 2017. Sistemas de engorde de novillos sobre verdeos anuales estivales en la región de basalto. Serie Técnica 230. INIA.
- Nutrient requirements of beef casttle (NRC). 1996. Seventh Revised Edition. Nat. Acad. Sci Washington DC, USA. 508-509.

- Rovira, P. 2002. Efecto de la sombra artificial en el engorde de novillos durante los meses de verano. En: Jornada anual de producción animal. Resultados experimentales. Serie Actividades de Difusión; 294. INIA. Montevideo. 79-95.
- Rovira, P. 2012. Uso de la sombra en la recría de novillos en sistemas pastoriles de la región este del Uruguay. Serie técnica 202. INIA.
- 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. Uruguay. Facultad de agronomía. Udelar. Consultado 28 de julio 2020. Disponible en <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. Uruguay. 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. UPIC. Uruguay. 10-17. Consultado 28 de julio 2020. Disponible: <http://www.upic.edu.uy>
- 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. Uruguay. Consultado 10 junio 2018. Disponible: <http://www.upic.edu.uy>
- Simeone, A., Beretta, V., Caorsi, C.J. 2010a. Efecto de la sombra natural sobre la performance estival de vaquillonas pastoreando campo natural de áreas forestadas. Agrocienia. 14: 137.
- Thom, E.C. 1959. The discomfort index. Weatherwise. 12: 57-59.

- Trujillo, A.I., Bruni, M., Chilbroste, P. 2017. Nutrient content and nutrient availability of sorghum wet distiller's grain in comparison with the parental grain for ruminants. *J. Sci. Food & Agric.* 97(8): 2353-2357.
- Vargas, C.F. 2005. Valoración nutricional y degradabilidad ruminal de genotipos de sorgo forrajero (*Sorghum* sp). *Agron. Mesoam.* 215-223.