

**Efecto de época, carga animal y suplementación sobre el crecimiento post-destete de toretes Senepol x Charolais**

por

**Samuel D. Prieto Pulido**

Tesis sometida en cumplimiento parcial  
de los requisitos para el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS**

en

**INDUSTRIA PECUARIA**

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO  
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ  
2012**

Aprobada por:

---

Américo Casas Guérnica, M.S.  
Miembro del Comité Graduado

---

Fecha

---

Danilo S. Cianzio Mujica, Ph.D.  
Miembro del Comité Graduado

---

Fecha

---

Ernesto Riquelme Villagrán, Ph.D.  
Presidente del Comité Graduado

---

Fecha

---

Rosario Ortiz Rodríguez, Ph. D.  
Representante de Estudios Graduados

---

Fecha

---

José R. Latorre, Ph.D.  
Director del Departamento

---

Fecha

## ABSTRACT

The experiment was conducted in order to determine the effects of stocking rate and level of wheat middling's supplementation on weight gains young bullocks, and on pasture availability and chemical composition. The trials were carried out at the Corozal Agricultural Experiment Substation and were replicated on two consecutive years. Within each year, 45 Senepol x Charolais ( $279.2 \pm 3.22$  kg) were randomly allotted in nine groups of five animals each. All animals grazed tropical grass pastures in alternate paddocks. Treatments considered were three stocking rates (2.5, 3.0 and 3.7 bullocks  $\text{ha}^{-1}$ ) and three supplementation rates with wheat middlings (0.5, 0.7 and 0.9 % of live weight), under a complete randomized block (year) design with a split-split plot arrangement (stocking rate and supplementation).

The results indicate that stocking rate and supplementation level effects were significant and the weight gain obtained, even at the highest stocking rate, averaged  $0.742 \pm 0.67$  kg  $\text{d}^{-1}$ , which is considerably higher than those obtained under similar conditions without supplementation. It seems that a viable alternative is to further increase the stocking rate in order to obtain higher production per area unit.

## RESUMEN

La investigación se realizó con el objetivo de determinar los efectos de la carga animal y del nivel de suplementación con afrecho de trigo sobre las ganancias de peso vivo de toretes y sobre la disponibilidad y composición química del forraje. La investigación se llevó a cabo en la Subestación Experimental Agrícola de Corozal y se repitió en dos años consecutivos. En cada año, se utilizaron 45 toretes Senepol x Charolais ( $279.2 \pm 3.22$  kg) que se distribuyeron aleatoriamente en nueve grupos de cinco animales que pastorearon, en forma alternada, praderas de gramíneas tropicales. Los tratamientos considerados fueron tres cargas animales (2.5, 3.0 y 3.7 toretes  $\text{ha}^{-1}$ ) y tres niveles de suplementación con afrecho de trigo (0.5, 0.7 y 0.9 % del PV) bajo un diseño de bloques (años) con arreglo de parcelas sub-divididas (carga animal y suplementación).

Los resultados indicaron que los efectos de carga animal y suplementación fueron significativos. las ganancias de peso obtenidas, aún con la carga más alta, promediaron  $0.742 \pm 0.67$  kg  $\text{d}^{-1}$  y fueron mayores a las que se obtienen bajo condiciones similares sin suplementación. Se infiere que una alternativa viable es aumentar aún más la carga para obtener mayores producciones por unidad de superficie.

## DEDICATORIA

A quienes con amor y desinterés me dieron el apoyo y la fuerza día a día para no decaer en mi intento para culminar mis estudios graduados. A ellos, que lo único que esperaban era ver el fruto de su esfuerzo para traerme donde estoy hoy día y aquí, plasmado en este documento, está el resultado tanto del esfuerzo de ellos como el mío.

A mis padres Samuel Prieto y Paulina Pulido, luchadores incansables, trabajadores imparables y creyentes en los logros que he obtenido hasta hoy.

A mi hermana Paola Prieto y mi sobrina Valentina, por su insistencia en que viniera a Puerto Rico, también les dedico este trabajo. De no ser por ellas no hubiese tenido las ganas de continuar y tener por quién luchar aquí, en la Isla del Encanto.

## **AGRADECIMIENTOS**

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos al Profesor Ernesto Riquelme por toda su paciencia y la inmensa ayuda que me dio durante todo este proceso de mi proyecto. A los miembros del comité graduado, Américo Casas y Danilo Cianzio, por su colaboración y oportuna ayuda en la realización de éste proyecto. También a Javier Fuentes, que sin su ayuda en la Subestación de Corozal no hubiese podido terminar la parte experimental con los animales. Asimismo, agradezco a John Fernández, Guillermo Ortiz, Aixa Rivera y Esbal Jiménez por darme la mano cuando más lo necesitaba y a todas y cada una de las personas que directa o indirectamente aportaron su granito de arena para culminar este proceso.

Gracias también a mis amistades y a todas las personas que dejaron su huella en mí aquí en Puerto Rico, específicamente en el Recinto de Mayagüez. Cada uno de ellos sabe a quién me refiero.

**GRACIAS A TODOS**

## TABLA DE CONTENIDO

Abstract .....	ii
Resumen .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimientos .....	v
Tabla de Contenido .....	vi
Lista de Tablas .....	vii
Introducción .....	1
Objetivos .....	3
Revisión de Literatura .....	4
Calidad de forraje y especies forrajeras .....	5
Suplementos .....	9
Afrecho de trigo (wheat middlings) .....	12
Carga animal .....	14
Materiales y Métodos .....	18
Resultados y Discusión .....	23
Disponibilidad de forraje .....	23
Composición química del forraje .....	27
Ganancias de peso de los animales .....	35
Consumo de suplemento .....	38
Conclusiones .....	40
Bibliografía .....	42

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Promedios mensuales de temperatura mínima y máxima y precipitación pluvial en Corozal .....	18
Tabla 2	Promedios anuales de disponibilidad de materia seca (DMS, T ha <sup>-1</sup> ) de forraje según carga animal y nivel de suplementación .....	24
Tabla 3	Promedios de disponibilidad de materia seca (T ha <sup>-1</sup> ) de forraje según carga animal, nivel de suplementación y estación del año .....	26
Tabla 4	Promedios anuales de contenido de proteína bruta del forraje (% base seca) según carga animal y nivel de suplementación .....	28
Tabla 5	Promedios de contenido de proteína bruta del forraje (% base seca) según carga animal, nivel de suplementación y estación del año .....	29
Tabla 6	Promedios anuales de contenido de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) del forraje (% base seca) según carga animal y nivel de suplementación .....	30
Tabla 7	Promedios de contenido de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) del forraje (% base seca) según carga animal, nivel de suplementación y estación del año .....	32
Tabla 8	Promedios anuales de contenido de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) del forraje (% base seca) según carga animal y nivel de suplementación .....	33
Tabla 9	Promedios de contenido de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) del forraje (% base seca) según carga animal, nivel de suplementación y estación del año .....	34
Tabla 10	Promedios anuales de ganancia de peso diario (kg) de los animales según carga animal y nivel de suplementación .....	36

## **LISTA DE TABLAS (Continuación)**

Tabla 10	Promedios anuales de ganancia de peso diario (kg) de los animales según carga animal, nivel de suplementación y estación del año .....	37
Tabla 11	Consumos promedios y acumulados de afrecho de trigo por los animales experimentales según nivel de suplementación...	38

## INTRODUCCIÓN

Durante el año fiscal 2007-2008, la ganadería de carne en Puerto Rico pudo abastecer tan sólo el 10.8% de las 182.6 millones de libras de carne demandadas por el consumo local (Oficina de Estadísticas Agrícolas, 2009). Comparativamente, en el año 1980, la industria productora de carne local fue capaz de suplir el 35.5% de la carne bovina que se consumía en la Isla. Estas cifras demuestran que la producción local de carne de res ha experimentado una reducción, significativa y constante, durante los últimos 30 años y que, cada año, satisface una menor proporción de la demanda que existe para este producto.

Entre las principales causas que se han asociado a la disminución en la producción de carne de res se encuentran el bajo precio que se paga al productor a nivel de finca, la fuerte competencia con carne importada (que controla más del 80% del mercado interno), la baja tecnificación de los sistemas de producción que conducen a una baja eficiencia productiva, la escasez de registros (tanto de producción como económicos), la escasez de plantas de sacrificio modernas y eficientes, la ausencia de sistemas de clasificación de canales y tipificación de la carne producida, la participación carne proveniente de vacas lecheras de descarte en la oferta de carne fresca, la competencia con la carne de otras especies (aves, cerdos, ovinos, caprinos, etc.) y por último, pero no menos importante, la poca importancia que se le da al mercado consumidor de carne de res.

Una forma de recuperar la demanda por la carne de res producida localmente puede ser a través de una campaña de información que oriente a los consumidores acerca de las cualidades que tiene la carne producida en Puerto Rico comparada con las de la carne importada. Para ésto, es preciso definir las cualidades que le den la identidad propia y establecer un sistema de evaluación de canales, y de tipificación de la carne, que ayude al consumidor a tomar decisiones educadas al momento de adquirirla.

Además de mantener o continuar mejorando la calidad de la carne producida localmente, se deben investigar sistemas de producción que mejoren la ganancia monetaria neta que obtienen los productores. Típicamente, la alimentación del ganado bovino para carne está basada en el pastoreo de forrajes tropicales con un bajo contenido de energía y proteína digerible, por lo que los animales no logran exhibir las ganancias de peso necesarias para alcanzar el peso de mercado en un tiempo razonable. Debido a que la alimentación es el factor que más incide sobre los costos de producción, es preciso identificar sistemas de producción de toretes que maximicen el pastoreo pero que se suplementen estratégicamente para disminuir la edad al sacrificio y que la carne resultante tenga las cualidades químicas, físicas y organolépticas que se ajusten a las demandas de los consumidores.

Por estas razones, es imprescindible evaluar alternativas de producción de bovinos para carne que permitan al productor local ser competitivo frente al producto importado y, como resultado final, ofrecer carne de calidad al consumidor.

## **OBJETIVOS**

La presente investigación se realizó con el objetivo general de determinar los efectos de la carga animal y de la suplementación con afrecho de trigo, sobre el desempeño productivo (tasa de crecimiento) de toretes Senepol x Charolais.

Adicionalmente, y debido a que la investigación tendría una duración de dos años, un segundo objetivo fue determinar la variación en la producción y composición química del forraje presente en respuesta a la carga animal y la suplementación, tanto entre como dentro de años.

## REVISIÓN DE LITERATURA

La producción de carne de res es una de las ramas de la agricultura de gran importancia para el crecimiento y desarrollo de un país. En Puerto Rico, promover la producción de carne de res ayudaría al crecimiento de la agricultura pero, para esto, se debe organizar la industria y buscar mejores beneficios para los productores locales.

Al hablar de organizar la industria se debe pensar en comenzar a clasificar el producto que llega al consumidor, ya que al presente no se hace distinción entre carne de toros, toretes, novillas y vacas ni de razas (tanto de razas cárnicas como lecheras) ni de edades y, lamentablemente, esta situación se convierte en un desorden en el mercado que anula cualquier esfuerzo que se realice para mejorar el producto que se ofrece (Casas *et al.*, 2005). No obstante, y a pesar de la problemática existente en la industria de ganado de carne, se debe seguir trabajando para buscar el mejor beneficio para el productor y la mejor calidad para el consumidor. Una producción ganadera rentable a base de forrajes depende, en gran medida, de la cantidad y de la calidad del forraje producido, de la capacidad del animal para cosechar y utilizar eficientemente dicho forraje y de la capacidad del productor para administrar los recursos disponibles (Forbes, 1988).

En las regiones tropicales, la base de la alimentación del ganado para la obtención de carne es el forraje y, específicamente, el pastoreo de gramíneas tropicales. En numerosas publicaciones se ha indicado que la productividad de los

rumiantes en el trópico es baja (comparada con aquella de climas templados) como consecuencia de los efectos ambientales sobre el metabolismo de los animales y de la disponibilidad y calidad del forraje (Tobias *et al.*, 2006). Se ha documentado que animales pastoreando forrajes tropicales muestran ganancias de peso de bajas a moderadas (Ramos *et al.*, 1998) lo que restringe la capacidad de los toros de llegar a su peso de sacrificio a edades más tempranas (Casas *et al.*, 2000).

Aunque se ha investigado sobre el mejoramiento genético de las gramíneas y su manejo intensivo (Aranda *et al.*, 2001) para aumentar la producción ganadera en Puerto Rico, los resultados obtenidos no han estado acordes con las necesidades requeridas para obtener las ganancias de peso necesarias para una producción intensiva. Esta situación ha obligado a los productores a usar cargas animales bajas y, debido a los altos costos de los abonos químicos, no ha sido posible aumentar los niveles de fertilización requeridos para aumentar la producción de forraje. Además, la cantidad de tierras disponibles en Puerto Rico es escasa y se ha incrementado la legislación encaminada a proteger los recursos naturales.

### **Calidad de forraje y especies forrajeras**

Los forrajes tropicales y subtropicales son, típicamente, de menor calidad que los forrajes de clima templado (Aiken *et al.*, 1991). Los principales factores que afectan la calidad del forraje y su utilización por los animales son la especie

forrajera utilizada y el estado fenológico al cual se cosecha o pastorea (Arthington y Brown, 2005; Más y García, 2006). Por lo tanto, el consumo restringido de nutrientes provenientes de éstos pastos tropicales, principalmente el de energía digerible y de proteína (Ramos *et al.*, 1998), es probablemente el factor principal que limita la producción de los animales en pastoreo. Además, otros factores involucrados son las variaciones estacionales, el manejo de la pastura (carga animal, nivel de fertilización, días de pastoreo y de descanso, etc.) y la interacción planta-animal que afectan tanto la cantidad de materia seca disponible como la calidad (contenido de nutrientes, digestibilidad) del forraje (Krysl y Hess, 1993; Lippke y Ellis, 1989; Poppi y Mclennan, 1995). En comparación con los forrajes de clima templado, los forrajes tropicales suelen tener mayor rendimiento de materia seca (RMS). Sin embargo, ese mayor rendimiento se asocia generalmente con una disminución de la calidad del forraje (menos proteína bruta, PB; más fibra insoluble en detergente neutro, FDN; y más fibra insoluble en detergente ácido, FDA) y, como consecuencia, un menor valor nutricional para los animales que los consumen (Arthington y Brown, 2005).

La proteína y la energía son de suma importancia en la nutrición de bovinos en crecimiento por lo que se ha sugerido (como una alternativa para compensar la baja aportación de los forrajes y aumentar la producción animal) la suplementación con estos nutrientes (Tobias *et al.*, 2006). Se ha estimado que un déficit de proteína de un gramo diario se traduce en la disminución de 10 gramos en la ganancia de peso (Donaldson *et al.*, 1991). Por lo tanto, animales expuestos

a pastoreo de gramíneas tropicales probablemente nunca alcancen el potencial genético para la deposición de proteína (Poppi y Mclennan, 1995).

En general, el contenido de proteína bruta requerida en el forraje para satisfacer los requisitos mínimos de los microorganismos celulolíticos presentes en el rumen es alrededor de 7% de la materia seca. Cuando la proteína bruta en el forraje es inferior a 6.25%, el consumo de forraje de vacas no lactantes decrece en forma abrupta (Sprinkle, 2001).

Asimismo, cuando el ganado consume forrajes como su única fuente de energía, el consumo de energía disponible puede no ser adecuada para cumplir con los índices deseados de rendimiento de los animales (Moore *et al.*, 1999). Debido a esto, su crecimiento es lento, lo que conlleva a que lleguen a su peso de sacrificio a una edad mayor de 28 meses, lo que afecta la utilización del terreno, los ingresos de la finca y, más importante aún, la calidad de la carne que llega al consumidor.

Uno de los forrajes predominantes para animales en pastoreo en las áreas más húmedas de Puerto Rico es el pasto Malojilla, el cual se encuentra como especie forrajera primaria en la Estación Experimental Agrícola de Corozal, lugar donde se realizó el presente proyecto, junto con otras especies como la hierbas Malojillo y Estrella.

La hierba Malojilla o Caribe (*Eriochloa polystachya* H.B.K.) es originaria de las áreas tropicales de Centro y Suramérica. Es muy parecida al Malojillo en el hábito de crecimiento, en los requisitos medioambientales y en el manejo. La

Malojilla es más deseable que el Malojillo por tener una mayor proporción de hojas y tallos. Es una planta estolonífera perenne y por lo general se encuentra creciendo en asociación con el Malojillo. Crece bien en suelos húmedos, presenta una buena aceptabilidad por parte de los animales, pero no tolera cargas animales altas (Quijano, 1999).

La hierba Malojillo o Pará (*Brachiaria purpurascens*) se introdujo de Brasil y es una gramínea estolonífera perenne de crecimiento rastrero. Crece bien en suelos húmedos y soporta inundaciones periódicas pero la sequía la afecta y puede reducir considerablemente su producción. Su contenido de proteína bruta varía entre 7 y 9% (Quijano, 1999).

El pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst var. *nlemfuensis*) es una gramínea perenne que se propaga por estolones (tallos horizontales encima del suelo) en poco tiempo (Quijano, 1999) y que forman una pradera moderadamente abierta con tallos erectos. Se adapta muy bien a climas tropicales, no tolera períodos largos de inundaciones, es relativamente tolerante a la sequía una vez que se establece (Quijano, 1999) y no prospera en lugares donde la temperatura baje en exceso (Mislevy *et al.*, 1989). Tiene como ventajas que se establece bastante rápido, exhibe una producción de materia seca (MS) bastante alta, es resistente al pisoteo y su contenido de proteína bruta (PB) es moderado (9 a 10 %, dependiendo del estado fenológico) pero tiene la desventaja de que requiere abonamiento para alcanzar rendimientos satisfactorios (Quijano, 1999).

Aunque se ha postulado que la calidad de los forrajes tropicales es, por lo general, inferior a la de las especies de zonas templadas, la producción animal por unidad de superficie puede ser mayor en las praderas de pasto estrella debido a su alto potencial de producción de materia seca (Hernández *et al.*, 2004).

### **Suplementos**

La alimentación suplementaria (suplementación) para los animales que se encuentran pastoreando en praderas tropicales con baja calidad o cantidad de forraje disponible es una alternativa que puede mejorar su tasa de crecimiento y mejorar la eficiencia económica de los sistemas de producción de ganado de carne.

Existen muchas razones para ofrecer suplementos al ganado que consume dietas basadas en forrajes, entre las que se incluyen la corrección de las deficiencias de nutrientes, el aumento en el rendimiento del forraje al disminuir la presión de pastoreo, mejorar la utilización del forraje por parte de los animales, mejorar la tasa de crecimiento de los animales, incrementar la rentabilidad de la producción y familiarizar los animales con las personas que se encargan de su manejo cotidiano (Kunkle *et al.*, 2000). El reto para el nutricionista, o para el productor de ganado, es determinar los ingredientes y aditivos que se incluyen en el alimento suplementario y la cantidad y frecuencia con que se suministra para lograr mejorar el desempeño productivo del ganado y la utilización de los forrajes de una manera costo-efectiva.

Esta alternativa de alimentación suplementaria ya se ha utilizado en muchas regiones de la Isla, donde se encuentran algunos subproductos disponibles a los ganaderos (Casas *et al.*, 2000). La suplementación a animales en sistemas de producción en pastoreo de gramíneas de baja calidad, con el fin de disminuir o eliminar las deficiencias de nutrientes, incrementar el uso del forraje y el desempeño de los animales (Beaty *et al.*, 1994), ha permitido aumentar la eficiencia de producción de la ganadería de carne (Bowman y Sowell, 1997).

La adición de estos alimentos suplementarios destinados a proveer los nutrientes limitantes en el forraje se hace más necesaria en los periodos de escasez de forraje, cuando es difícil satisfacer los requerimientos nutricionales de los animales para obtener una tasa de crecimiento que les permita alcanzar el peso de mercado en menor tiempo (Poppi y Mclennan, 1995; Casas *et al.*, 2000). Para que esta suplementación sea efectiva, debe cumplir con dos requisitos importantes: 1) suplir a los microorganismos del rumen los nutrientes esenciales para optimizar la utilización del forraje disponible y 2) proveer al rumiante los nutrientes que el proceso fermentativo no es capaz de suplir en forma adecuada (Phillips *et al.*, 1995).

Además de proporcionar a los animales los nutrientes necesarios para su crecimiento, también es necesario suministrarlos en las etapas de desarrollo más críticas para ellos. Una de esas etapas es el momento siguiente al destete, cuando el becerro no logra exhibir las ganancias de peso adecuadas (Ortiz.,

2002). Los becerros recién destetados tienen una baja capacidad de consumo y también una baja capacidad para fermentar forrajes. Esta capacidad aumenta en la medida en que se logre establecer una microflora y microfauna ruminal numerosa y activa que depende del tipo y cantidad de alimento ingerido. Una suplementación en esta etapa disminuye el estrés del destete y se proveen los nutrientes necesarios para desarrollar la población microbiana del rumen.

Los resultados de investigaciones realizadas previamente han demostrado que el consumo de suplementos que provean proteína aumenta el consumo y digestibilidad de forrajes maduros (Heldt *et al.*, 1998) y de baja calidad (DelCurto *et al.*, 1990; Loy *et al.*, 2007; Sunvold *et al.*, 1991) y la energía suplementaria se traduce en mayores tasas de ganancia de peso (Coleman *et al.*, 1976) siempre y cuando se mantenga un balance con la proteína suplementaria. Cuando se proporciona a los animales un forraje de baja calidad en forma ilimitada, la proteína es el nutriente suplementario más benéfico (DelCurto *et al.*, 2000).

El aumento en el consumo de materia seca se asocia a una mayor digestibilidad y, como consecuencia, menor tiempo de retención del alimento dentro de tracto gastrointestinal. Esto permite que los animales puedan extraer una mayor cantidad de los nutrientes presentes en el forraje lo que estaría relacionado con las mayores ganancias de peso observadas y menor tiempo de ceba. Además, la reducción en el tiempo de ceba aumentaría las ganancias por área de terreno utilizada y promovería mayor eficiencia en el uso de la tierra (Casas *et al.*, 2000; Phillips *et al.*, 1995). Por último, una reducción en la edad de

los animales al momento de alcanzar el peso de mercado mejoraría la terneza, que es el componente más importante entre las variables utilizadas para estimar la calidad de la carne (Mintert *et al.*, 2000).

Al establecer planes de suplementación en el trópico es necesario considerar los requerimientos nutricionales de los animales, la cantidad de forraje disponible y la composición química (contenido de nutrientes), tanto del suplemento como del forraje que están consumiendo, para evitar los efectos sustitutivos de la suplementación sobre el consumo de forraje (Matějovský y Sansón., 1995). También es necesario tener en cuenta que los programas de suplementación se basan, por lo general, en el supuesto que los animales consumirán una cantidad específica de suplemento (estimada dividiendo la cantidad total de suplemento proporcionado entre la cantidad de animales presentes), lo cual no mide realmente el consumo individual de cada animal (Bowman y Sowell., 1997). Esta situación implica que si un animal no consume la cantidad de suplemento pautada, tampoco recibe la cantidad de nutrientes formulados. Por el contrario, si el animal consume una cantidad de suplemento mayor a la que debería, los costos de esta práctica se incrementan y puede ocasionar un impacto negativo sobre el consumo de forraje y, posiblemente, sobre su digestibilidad (Bowman y Sowell., 1997).

### **Afrecho de trigo (wheat middlings)**

El afrecho de trigo es un subproducto que se genera en la molienda seca del trigo para obtener harina para uso humano. Está constituido por una mezcla

de pequeñas partículas de salvado, germen y la capa de aleurona del grano de trigo (Dalke *et al.*, 1997; Blasi *et al.*, 1998; ZoBell *et al.*, 2003) y es uno de los ingredientes más usados en la fabricación de alimentos concentrados para la alimentación animal (Blasi *et al.*, 1998). Contiene entre 14 y 21% de proteína bruta (PB) (Ovenell *et al.*, 1991; Dalke *et al.*, 1997; ZoBell *et al.*, 2003),  $\leq 13$  % de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) y  $\leq 40$  % de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) (Sunvold *et al.*, 1991; Jurgens, 1993; Dalke *et al.*, 1997; Blasi *et al.*, 1998; ZoBell *et al.*, 2003). Se considera un ingrediente altamente digerible en el rumen y, en animales que consumen forrajes de baja calidad, su adición no provoca el impacto negativo sobre la digestibilidad de la fibra y la subsiguiente disminución en el consumo de forraje (Blasi *et al.*, 1998).

En un estudio hecho por Blasi *et al.*, (1998) se determinó la variación en la composición del afrecho de trigo proveniente de tres molinos situados en el centro de Kansas durante varios meses. Se pudo observar que el contenido de los principales componentes, como PB, FDN y FDA, se mantuvieron estables, lo cual es indicativo de la estandarización y uniformidad del proceso para obtenerlo y que se puede utilizar como suplemento sin tener que preocuparse excesivamente de posibles cambios en su composición.

En 1991, Sunvold *et al.*, hicieron un estudio en el que determinaron los efectos de la suplementación con diferentes niveles de afrecho de trigo sobre el consumo y la digestibilidad del forraje proporcionado, comparándolos con aquellos exhibidos por animales que no recibieron suplementación o que recibieron un

suplemento a base de harina de soya y sorgo. Todos los animales suplementados mostraron un incremento en el consumo de forraje y de materia seca total y así como en la digestibilidad de la materia seca y de la FDN. Los resultados de este estudio reafirman el postulado de que el incremento en el consumo de forraje está dado por la suplementación de proteína siempre y cuando el contenido de ésta en el suplemento sea  $\geq 20\%$  y que se mantenga el balance adecuado de proteína/energía.

### **Carga animal**

Junto con la suplementación y la calidad de los forrajes que se le ofrece a los animales, hay que tener en cuenta el manejo que se le da a las praderas. El manejo del pastoreo lleva implícito el control de un sistema complejo que incluye animales, plantas y suelos que están íntimamente relacionados y que se ven afectados por las condiciones climáticas, especialmente la precipitación pluvial (cantidad y distribución). En un sistema exitoso de producción ganadera basada en pastoreo, es de suma importancia mantener un registro detallado de la carga animal, del desempeño del ganado y de la producción del forraje. La producción de forraje y los registros de carga animal son fundamentales en la toma de decisiones oportunas de manejo (Redfearn y Bidwell., 2009).

El concepto de carga animal se define como el número de animales presentes en una cantidad de área determinada (Blackwood *et al.*, 2006; Redfearn y Bidwell., 2003; White y McGinty., 1999) durante un período determinado (Redfearn y Bidwell., 2009). Ha sido ampliamente considerada como el factor más importante en

el manejo del pastoreo y que es determinante en el desempeño del animal (Hernández *et al.*, 2004), en el rendimiento financiero y la condición, a largo plazo, de la empresa. El empleo de cargas animales apropiadas generará un rendimiento óptimo del animal, permitirá que la empresa sea rentable y mantendrá o mejorará los recursos existentes (White y McGinty., 1999).

Una variación de esta definición es la carga animal sostenible, que se considera como aquella carga que evita la degradación de los recursos naturales y que, permanentemente, no reduce la productividad de las praderas como consecuencia de un sobrepastoreo, evita la pérdida de especies deseables y la invasión de especies forrajeras indeseables o de malezas.

La carga animal, por lo general, se expresa en términos de unidades animales (UA) por unidad de superficie o de área. Una UA es equivalente a una vaca de 450 kg de peso con su becerro al pie y se estima que es capaz de consumir aproximadamente 12-13 kg de forraje seco al día (Redfearn y Bidwell., 2009), lo que representa el 2.66% de su peso vivo. El término de unidad animal es uno que hay que tener presente para estimar la capacidad de carga de las praderas, definida como el número de UA que un predio puede soportar en un período de tiempo determinado.

Los resultados de diversas investigaciones que se han llevado a cabo acerca de la carga animal muestran, por lo general, una relación inversa entre ésta y la ganancia de peso de los animales y que un incremento en la carga animal, de

niveles bajos a medios, trae como consecuencia un aumento en la producción de carne por unidad de superficie (Parsch *et al.*, 1997).

En un sistema de producción de ganado en pastoreo, la disponibilidad de forraje disponible para cada animal (Kg MS/UA) está en función del clima y de la carga animal seleccionada (Parsch *et al.*, 1997). Si se selecciona una carga animal alta en un año en el cual la actividad climática es de poca lluvia, es posible observar una reducción en la producción de carne por unidad de superficie debido a la competencia entre animales por el escaso forraje disponible. Por otro lado, si se utiliza una carga animal baja, y el año presenta mejores condiciones climáticas, es posible obtener una mayor ganancia de peso por cabeza, debido a la selectividad de forraje de mejor calidad por parte de los animales, pero la producción por unidad de superficie puede no ser la máxima dada la cantidad de forraje que se desperdicia.

La producción animal en pastoreo es un reflejo del consumo de nutrientes digeribles por los animales. A cargas bajas, cuando el forraje disponible no es limitante, la ganancia de peso obtenida se asocia con la calidad (contenido de nutrientes, digestibilidad) del forraje presente y la capacidad de consumo de los animales. Con cargas altas, la ganancia de peso puede verse afectada tanto por factores cuantitativos (baja disponibilidad de forraje) como cualitativos (bajo contenido de nutrientes específicos y baja digestibilidad). Por tanto, los efectos observados de una suplementación pueden ser distintos a los esperados, dependiendo de los efectos aditivos o sustitutivos del suplemento proporcionado sobre el consumo de forraje y de los efectos asociativos sobre la digestibilidad,

dados por la interacción entre los componentes del forraje presente y del suplemento proporcionado sobre la actividad de la microflora y microfauna ruminal (Riquelme., 1999).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo de pastoreo se llevó a cabo en la Subestación Experimental Agrícola de Corozal del Recinto Universitario de Mayagüez de la Universidad de Puerto Rico. Esta subestación se encuentra en la región montañosa central de la Isla a una altitud de 200 msnm. La temperatura media anual oscila entre los 22 y 25 ° C, y la precipitación media anual varía entre 1,524 y 2,034 mm. En la Tabla 1 se presentan los promedios mensuales históricos (24 años) de temperaturas mínima y máxima y precipitación pluvial. La investigación abarcó dos ciclos de engorda de animales de diez meses cada uno (diciembre de 2008 a octubre de 2009 y noviembre de 2009 a septiembre de 2010).

**Tabla 1. Promedios mensuales de temperaturas mínima y máxima y precipitación pluvial en Corozal.**

Mes	Temperaturas Promedio (° C)		Precipitación (mm)
	Bajas	Altas	
Enero	18.4	28	108.75
Febrero	17.2	28	106.93
Marzo	17.3	29	107.95
Abril	18.5	30	166.87
Mayo	19.2	31	195.07
Junio	21.6	32	75.69
Julio	21.6	32	115.82
Agosto	21.7	32	169.67
Septiembre	21.2	32	212.34
Octubre	21.2	32	226.31
Noviembre	19.6	30	192.53
Diciembre	18.4	29	152.65

<sup>a</sup> Fuente: Weather Services International (<http://www.WSI.com>)

Aunque en Puerto Rico no se distinguen claramente las estaciones del año, existen ciertas variaciones climáticas dentro del año, por lo que se consideraron tres estaciones:

1. Invierno: Incluye los meses de noviembre a febrero y se caracteriza por días más cortos (10 – 11 horas de luz) y temperaturas relativamente más bajas en las noches y madrugadas.
2. Primavera: Incluye los meses de marzo a junio y se caracteriza por días algo más largos (11 – 12 horas de luz) y temperaturas nocturnas algo mayores que en invierno. Incluye el mes (junio) de menor precipitación pluvial.
3. Verano: Incluye los meses de julio a septiembre y se caracteriza por días más largos (12 – 13 horas de luz), mayor precipitación pluvial, alta humedad relativa y temperaturas nocturnas más altas que en primavera.

En cada año se utilizaron cuarenta y cinco becerros destetados, producto de una cruce de las razas Senepol y Charolais. Todos los becerros tuvieron una edad promedio inicial (7 a 9 meses) y antecedentes nutricionales similares y procedieron del proyecto de ganado bovino para carne, del Colegio de Ciencias Agrícolas del Recinto Universitario de Mayagüez, ubicado en la Finca Montaña en Aguadilla. Los animales se pesaron individualmente y se distribuyeron al azar a los diferentes grupos experimentales. Los grupos experimentales consistieron en tres cargas animales (2.5, 3.0 y 3.7 animales/ha) y, dentro de cada carga animal,

tres niveles de suplementación (0.5%, 0.7% y 0.9% del peso vivo de los animales). En cada año, el experimento se dio por concluido cuando los animales promediaron 20 meses de edad.

La superficie utilizada fue aproximadamente de 14.6 ha dividida en 18 cercados de distintas dimensiones, según la carga animal. El área estaba conformada de praderas mixtas con pasto malojilla (*Eriochloa polystachya* H.B.K.) como especie predominante y en menor cantidad pasto malojillo (*Brachiaria purpurascens*) y pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis* Vanderyst var. *nlemfuensis*), como especies asociadas. Las praderas fueron fertilizadas con un abono químico (16-4-4) a razón de 450 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>, en una sola aplicación.

Los toretes pastorearon bajo un esquema de pastoreo alterno (dos cercados por grupo, alternando cada 14 días) y tuvieron acceso continuo a agua fresca y limpia y a lamederos de sal mineralizada. Los animales se pesaron mensualmente, luego de estar sin alimento ni agua por un periodo de 14-16 horas. El suplemento proporcionado fue afrecho de trigo aperdigonado (“*pellets*”) (proteína bruta (PB) 15.85 %; fibra insoluble en detergente neutro (FDN) 37.46 %; fibra insoluble en detergente ácido (FDA) 10.44 %) que se ofreció diariamente (en horas de la mañana) en comederos ubicados dentro de los cercados y se ajustó mensualmente según el peso alcanzado por los animales y el nivel de suplementación correspondiente.

Durante el transcurso del experimento, el forraje disponible se estimó cortando cuatro áreas de 0.37m<sup>2</sup>, a 10.16 cm del nivel del suelo, tomados al azar

dentro de cada cercado. De las muestras de cada cercado se tomó una submuestra que, luego de ser secada, se analizó para estimar las variaciones cuantitativas y cualitativas en las praderas a través de la investigación. Las submuestras fueron sometidas a análisis químicos determinando el contenido de proteína bruta (PB) (AOAC, 1998), de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) y de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) (Goering y Van Soest, 1970).

Los datos de producción y composición química del forraje y de las ganancias de peso de los animales fueron evaluados estadísticamente mediante análisis de varianza de acuerdo a un diseño de bloques (años) completamente aleatorizados con arreglo de tratamientos en parcelas subdivididas, con estación del año como parcela principal, carga animal como sub-parcela y nivel de suplementación como sub-sub-parcela. Las medias de tratamientos fueron comparadas entre sí mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey considerando un valor de  $P < 0.05$  como significativo y  $P < 0.01$  como altamente significativo.

Los análisis estadísticos y las comparaciones de medias se realizaron utilizando el programa estadístico SAS, versión 9.1 (2005). El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + CA_j + S_k + (CA-S)_{ij} + \epsilon_{ijkl}$$

donde:

$Y_{ijkl}$  : Valor de la variable de respuesta

$\mu$  : Media general

- $A_i$  : Efecto del  $i$ ésimo año ( $i = 1, 2$ )
- $CA_j$  : Efecto de la  $j$ ésima carga animal ( $j = 1, 2, 3$ )
- $S_k$  : Efecto del  $k$ ésimo nivel de suplementación ( $k = 1, 2, 3$ )
- $(CA-S)_{jk}$  : Efecto de la interacción de la  $j$ ésima carga animal con el  $k$ ésimo nivel de suplementación.
- $\epsilon_{IJK}$  : Error experimental aleatorio con media = 0 y varianza =  $\sigma^2$
- $L$  : Número de observaciones de cada variable ( $L = 1 \dots n$ )

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Disponibilidad de forraje

Durante el transcurso de la investigación (ambos años), el forraje disponible para los animales promedió  $2.98 \pm 0.67$  T MS  $ha^{-1}$  y con un contenido de MS de  $20.64 \pm 3.69$  %. Cabe aclarar que el forraje disponible en los cercados corresponde al forraje acumulado durante el período de descanso entre pastoreos consecutivos en adición al forraje remanente después del pastoreo anterior ya que, en todos los casos, el forraje en oferta siempre excedió la capacidad de consumo de los animales.

En la Tabla 2 se presentan los promedios anuales de disponibilidad de materia seca (DMS, T  $ha^{-1}$ ) según carga animal y nivel de suplementación. Los promedios se presentan separadamente por año debido a su efecto altamente significativo sobre DMS ( $P < 0.0002$ ) y se puede apreciar que la disponibilidad de materia seca de forraje fue mayor durante el segundo año ( $3.19$  T MS  $ha^{-1}$ ) que en el primero ( $2.76$  T MS  $ha^{-1}$ ). Con esta cantidad de materia seca disponible y utilizando un consumo aproximado diario de  $13$  kg MS  $UA^{-1}$  (Redfearn y Bidwell., 2009), la capacidad de carga estimada para el primer año fue de  $7.07$   $UA$   $ha^{-1}$  y para el segundo año fue de  $8.18$   $UA$   $ha^{-1}$ , valores que sobrepasan en más de 100 % las cargas utilizadas en esta investigación.

No se observaron efectos significativos de carga animal ni de nivel de suplementación sobre DMS, probablemente debido a la alta disponibilidad de materia seca para los animales. Tampoco se observaron tendencias claras de

cambios en DMS atribuibles a carga animal o a nivel de suplementación, aunque se esperaban de acuerdo a los resultados de otras investigaciones (Parsch *et al.*, 1997).

**Tabla 2. Promedios anuales de disponibilidad de materia seca (DMS, T ha<sup>-1</sup>) de forraje según carga animal y nivel de suplementación**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Año 1</b>				
<b>2.50</b>	2.98 ab	2.68 bc	2.46 bc	<b>2.71 n</b>
<b>3.00</b>	3.13 ab	2.92 ab	2.67 bc	<b>2.91 mn</b>
<b>3.70</b>	2.65 bc	2.78 abc	2.60 bc	<b>2.67 n</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>2.92 q</b>	<b>2.80 qr</b>	<b>2.56 r</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>2.76 n</b>
<b>Año 2</b>				
<b>2.50</b>	2.84 ab	3.32 a	3.30 a	<b>3.15 m</b>
<b>3.00</b>	3.07 ab	3.27 a	3.83 a	<b>3.39 m</b>
<b>3.70</b>	3.08 ab	2.75 abc	3.35 a	<b>3.06 m</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>2.99 q</b>	<b>3.11q</b>	<b>3.49 p</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>3.19 m</b>
<b>Ambos Años Combinados</b>				
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>2.95</b>	<b>2.96</b>	<b>3.02</b>	<b>2.97</b>

a, b, c, Promedios de carga x suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente (P < 0.05)

m, n Promedios de cargas seguidos de distintas letras, difieren significativamente (P < 0.05)

p, q, r Promedios de suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente (P < 0.05)

Así como existe variación en la producción de forraje entre años debido a variaciones en condiciones climatológicas, especialmente precipitación pluvial,

también es posible apreciar una variación dentro de años (estaciones). En la Tabla 3 se presentan los promedios de DMS, según carga animal y nivel de suplementación, a través de las tres estaciones consideradas. Se observó un efecto altamente significativo de estación sobre DMS ( $P < 0.01$ ) y, curiosamente y contrario a lo que se esperaba, la mayor DMS se evidenció en la época de invierno y no hubo diferencias en DMS entre primavera y verano.

Una posible explicación de estos resultados es que la época de invierno coincide con el inicio de la investigación (en ambos años) y los animales presentes en los cercados eran de menor peso, tamaño y capacidad de consumo que en las épocas posteriores (primavera y verano). Por consiguiente, los valores de DMS determinados para la época de invierno pueden reflejar una mayor cantidad de forraje residual del período de pastoreo anterior.

No se observaron efectos significativos de nivel de suplementación sobre DMS dentro de estaciones ( $P = 0.7998$ ). Aunque el efecto no fue significativo ( $P = 0.0874$ ), hubo una tendencia, especialmente en primavera y verano, a observar una menor DMS con la carga más alta, lo que se esperaba ya que al aumentar la carga y el peso vivo de los animales, la cantidad de materia seca disponible por animal es menor (por competencia entre animales) y, de no haber algún otro factor que afecte el consumo, la materia seca residual en el cercado al final del ciclo de pastoreo, será menor que en los cercados con cargas más livianas.

**Tabla 3. Promedios de disponibilidad de materia seca ( $T \text{ ha}^{-1}$ ) de forraje según carga animal, nivel de suplementación y estación del año.**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Invierno</b>				
<b>2.50</b>	3.06 bc	3.32 b	3.01 bc	<b>3.13 m</b>
<b>3.00</b>	3.35 b	3.51 ab	3.92 a	<b>3.59 n</b>
<b>3.70</b>	3.32 b	3.20 bc	3.14 bc	<b>3.22 m</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>3.24 p</b>	<b>3.34 p</b>	<b>3.35 p</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>3.31 m</b>
<b>Primavera</b>				
<b>2.50</b>	2.85 c	2.74 cd	2.54 cd	<b>2.71 o</b>
<b>3.00</b>	2.96 bc	2.66 cd	2.91 bc	<b>2.84 o</b>
<b>3.70</b>	2.31 cd	2.49 cd	2.81 c	<b>2.53 o</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>2.70 q</b>	<b>2.63 q</b>	<b>2.75 q</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>2.69 n</b>
<b>Verano</b>				
<b>2.50</b>	2.84 c	2.93 bc	3.08 bc	<b>2.95 mo</b>
<b>3.00</b>	2.98 bc	3.12 bc	2.92 bc	<b>3.00 mo</b>
<b>3.70</b>	2.78 c	2.60 cd	2.97 bc	<b>2.78 o</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>2.87 q</b>	<b>2.88 q</b>	<b>2.99 q</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>2.91 mn</b>

a, b, c, d, Promedios de carga x suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

m, n, o Promedios de cargas seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

p, q, Promedios de suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.01$ )

### **Composición química del forraje**

En la Tabla 4 se presentan los valores promedio anuales de contenido de PB en las muestras del forraje, según carga animal y nivel de suplementación. Se observó un efecto altamente significativo de año ( $P = 0.01$ ) indicando que el contenido de PB en las muestras de forraje recolectadas el segundo año ( $15.87 \pm 0.42$ ) fue mayor que en aquellas recolectadas durante el primer año ( $11.69 \pm 0.37$ ). Ni la carga animal ni el nivel de suplementación afectaron significativamente el contenido de PB del forraje disponible. La interacción año x carga animal no fue significativa ( $P = 0.06$ ) pero si lo fue la de año x nivel de suplementación  $P = 0.04$ ), atribuidas principalmente al marcado efecto de año.

Cabe destacar que el promedio general de contenido de PB en todas las muestras recolectadas fue  $13.78 \pm 0.53$  %, valor que se considera alto para gramíneas tropicales. En este caso, los valores de PB obtenidos el segundo año ( $15.87 \pm 0.40$ ) se consideran atípicos (Arthington y Brown, 2005).

Hubo un efecto altamente significativo ( $P < 0.01$ ) de estación sobre el contenido de PB en el forraje disponible. Se observó (Tabla 5) que el contenido de PB en las muestras de forraje obtenidas en primavera, el contenido de PB (11.71 %) fue menor que en el de las muestras obtenidas en invierno (15.04 %) o en verano (13.10 %). Es posible que en esta estación, que se caracteriza por tener un mes (junio) típicamente menos lluvioso, el forraje perdiera algo de PB debido a una menor disponibilidad de agua. Esta aseveración está respaldada, al menos en parte, por el hecho de que la disponibilidad de materia seca (Tabla 3) también

fue menor en esta época. Dentro de estaciones, no se observaron efectos significativos de carga animal ni de nivel de suplementación.

**Tabla 4. Promedios anuales de contenido de proteína bruta del forraje (% base seca) según carga animal y nivel de suplementación**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Año 1</b>				
<b>2.50</b>	10.94 cd	12.40 cd	12.48 cd	<b>11.94 m</b>
<b>3.00</b>	10.53 cd	12.04 cd	12.99 c	<b>11.85 m</b>
<b>3.70</b>	10.54 cd	11.63 cd	11.71 cd	<b>11.29 m</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>10.67 s</b>	<b>12.02 r</b>	<b>12.39 r</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>11.69</b>
<b>Año 2</b>				
<b>2.50</b>	16.24 a	15.88 b	14.65 bc	<b>15.59 n</b>
<b>3.00</b>	15.82 b	15.14 bc	14.28 bc	<b>15.08 n</b>
<b>3.70</b>	18.12 a	17.30 a	15.44 b	<b>16.95 n</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>16.72 p</b>	<b>16.10 p</b>	<b>14.79 q</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>15.87</b>
<b>Ambos Años Combinados</b>				
<b>Promedios de suplementación</b>	<b>13.69</b>	<b>14.23</b>	<b>13.59</b>	<b>13.78</b>

a, b, c, d, Promedios de carga x suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

m, n, o Promedios de cargas seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

p, q, r, s Promedios de suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

**Tabla 5. Promedios de contenido de proteína bruta en el forraje (% base seca) según carga animal, nivel de suplementación y estación del año.**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Invierno</b>				
<b>2.50</b>	16.61 a	15.36 ab	15.65 a	<b>15.87 m</b>
<b>3.00</b>	13.90 bc	14.38 abc	12.99 cde	<b>13.75 n</b>
<b>3.70</b>	15.32 ab	15.52 a	15.69 a	<b>15.51 m</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>15.27 p</b>	<b>15.08 p</b>	<b>14.77 pq</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>15.04 m</b>
<b>Primavera</b>				
<b>2.50</b>	10.52 cde	12.51 cd	11.87 cde	<b>11.63 o</b>
<b>3.00</b>	11.41 cde	11.52 cde	11.92 cde	<b>11.62 o</b>
<b>3.70</b>	11.31 cde	12.37 cde	11.99 cde	<b>11.89 o</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>11.08 r</b>	<b>12.13 qr</b>	<b>11.93 r</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>11.71 o</b>
<b>Verano</b>				
<b>2.50</b>	12.77 cd	13.54 bc	13.31 bc	<b>13.21 n</b>
<b>3.00</b>	12.02 cde	14.02 bc	15.46 a	<b>13.83 nm</b>
<b>3.70</b>	12.53 cd	13.19 bc	12.29 cde	<b>12.67 n</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>12.44 q</b>	<b>13.58 q</b>	<b>13.68 q</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>13.10 n</b>

a, b, c, d, e Promedios de carga x suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

m, n, o Promedios de cargas seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

p, q, r Promedios de suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

Se observó un efecto significativo de año ( $P < 0.01$ ) sobre el contenido de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en las muestras de forraje (Tabla 6). El

forraje disponible durante el segundo año de estudio tuvo un menor contenido de FDN, lo que se atribuye a que hubo más crecimiento (mayor DMS, Tabla 2) y también un mayor contenido de PB (Tabla 4).

**Tabla 6. Promedios anuales de contenido de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) del forraje (% base seca) según carga animal y nivel de suplementación**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Año 1</b>				
<b>2.50</b>	66.27	66.38	66.80	<b>66.48</b>
<b>3.00</b>	67.05	66.31	68.30	<b>67.22</b>
<b>3.70</b>	66.73	65.55	66.16	<b>66.14</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>66.68 s</b>	<b>66.08 r</b>	<b>67.08 r</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>66.61 p</b>
<b>Año 2</b>				
<b>2.50</b>	64.12	62.12	66.22	<b>64.16</b>
<b>3.00</b>	64.86	66.37	65.36	<b>65.19</b>
<b>3.70</b>	64.06	63.68	63.22	<b>63.65</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>64.34 p</b>	<b>63.72 p</b>	<b>64.93 q</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>64.33 q</b>
<b>Ambos Años Combinados</b>				
<b>Promedios de suplementación</b>	<b>65.51</b>	<b>64.90</b>	<b>66.00</b>	<b>65.47</b>

p, q, Promedios de años seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.01$ )

No se encontraron efectos significativos de estación del año, carga animal o de nivel de suplementación sobre el contenido de FDN (Tabla 7) en el forraje disponible para los animales. Observando los valores de contenido de FDN de las

muestras, éstos son típicos de gramíneas tropicales de 30 a 40 días de crecimiento (datos sin publicar de nuestro propio laboratorio). En forrajes con mayor estado de madurez (55 – 60 días de crecimiento), el contenido de FDN suele superar el 75 %, en base seca. Aún más, en un estudio realizado por Arthington y Brown (2005) se encontró que en diferentes forrajes tropicales con 10 semanas de crecimiento y en dos años consecutivos, el contenido de FDN superaba el 80%.

Al igual de lo que se observó para FDN, hubo un efecto significativo de año ( $P < 0.001$ ) sobre el contenido de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) en el forraje disponible, siendo mayor en las muestras del primer año (33.21 %) que en las obtenidas el segundo año (30.35 %), lo que refleja un cambio correlacionado entre FDN y FDA.

También a diferencia de lo observado con el contenido de FDN, hubo efectos significativos de estación del año ( $P < 0.01$ ) y de carga animal ( $P < 0.01$ ). Se puede observar (Tabla 8) que el contenido de FDA en el forraje disponible en la época de invierno (31.34 %) fue menor que el determinado en muestras obtenidas en la época de primavera (32.62 %) o de verano (32.64 %).

De estos resultados, y tomando en cuenta los obtenidos con DMS y FDN, se puede inferir que, al haber menor cantidad de materia seca disponible total, el consumo de forraje por parte de los animales mantiene el forraje en un estado vegetativo que no alcanza a manifestar una lignificación pronunciada y, aunque FDN fue ligeramente mayor en invierno, el menor contenido de FDA implica que el

contenido de hemicelulosa en el forraje, que es la fracción más digerible dentro de la pared celular, fue mayor en la época de invierno.

**Tabla 7. Promedios de contenido de fibra insoluble en detergente neutro (FDN) en el forraje (% base seca) según carga animal, nivel de suplementación y estación del año.**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Invierno</b>				
<b>2.50</b>	66.86	62.00	66.62	<b>65.16</b>
<b>3.00</b>	68.03	66.89	68.82	<b>67.91</b>
<b>3.70</b>	66.83	65.11	65.54	<b>65.82</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>67.24</b>	<b>64.67</b>	<b>66.99</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>66.29</b>
<b>Primavera</b>				
<b>2.50</b>	66.11	66.05	66.72	<b>66.29</b>
<b>3.00</b>	65.83	66.11	67.37	<b>66.43</b>
<b>3.70</b>	66.05	64.88	64.73	<b>65.22</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>65.99</b>	<b>65.68</b>	<b>66.27</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>65.98</b>
<b>Verano</b>				
<b>2.50</b>	64.28	65.64	66.51	<b>65.47</b>
<b>3.00</b>	66.19	65.43	66.67	<b>65.96</b>
<b>3.70</b>	65.45	65.14	65.84	<b>65.47</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>65.30</b>	<b>65.40</b>	<b>66.34</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>65.68</b>

**Tabla 8. Promedios anuales de contenido de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) del forraje (% base seca) según carga animal y nivel de suplementación**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Año 1</b>				
<b>2.50</b>	33.47	32.88	33.85	<b>33.40</b>
<b>3.00</b>	33.92	33.49	33.79	<b>33.73</b>
<b>3.70</b>	33.47	31.81	32.22	<b>32.50</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>33.62</b>	<b>32.72</b>	<b>33.28</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>33.21 m</b>
<b>Año 2</b>				
<b>2.50</b>	30.05	29.21	31.61	<b>30.52</b>
<b>3.00</b>	31.15	30.05	31.77	<b>30.99</b>
<b>3.70</b>	29.05	29.64	29.96	<b>29.55</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>30.08</b>	<b>29.86</b>	<b>31.11</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>30.35 n</b>
<b>Ambos Años Combinados</b>				
<b>Promedios de suplementación</b>	<b>31.85</b>	<b>31.29</b>	<b>32.19</b>	<b>31.78</b>

m, n, Promedios de años seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.01$ )

**Tabla 9. Promedios de contenido de fibra insoluble en detergente ácido (FDA) en el forraje (% base seca) según carga animal, nivel de suplementación y estación del año.**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Invierno</b>				
<b>2.50</b>	30.32	29.72	32.22	<b>30.75 a</b>
<b>3.00</b>	32.64	30.68	32.92	<b>32.08 b</b>
<b>3.70</b>	32.48	30.14	30.98	<b>31.20 ab</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>31.81 q</b>	<b>30.18 r</b>	<b>32.04 q</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>31.34 n</b>
<b>Primavera</b>				
<b>2.50</b>	32.89	32.93	33.64	<b>33.15 c</b>
<b>3.00</b>	33.06	32.92	33.58	<b>33.18 b</b>
<b>3.70</b>	31.89	31.54	31.12	<b>31.52 ab</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>32.61 pq</b>	<b>32.46 pq</b>	<b>32.78 pq</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>32.62 m</b>
<b>Verano</b>				
<b>2.50</b>	33.07	32.08	33.12	<b>32.75 bc</b>
<b>3.00</b>	33.38	32.88	32.76	<b>33.00 c</b>
<b>3.70</b>	32.81	31.30	32.41	<b>32.17 b</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>33.08 p</b>	<b>32.08 q</b>	<b>32.76 pq</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>32.64 m</b>

a, b, c. Promedios de cargas seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.01$ )  
m, n, Promedios de estaciones seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.01$ )

### **Ganancias de peso de los animales**

El promedio general de ganancias de peso de los animales fue de  $0.742 \pm 0.14 \text{ kg d}^{-1}$ , valor que se considera alto en comparación a los que se obtienen comúnmente en explotaciones comerciales en la región. Las ganancias de peso de los animales se vieron afectadas significativamente por el año ( $P < 0.01$ ), la carga animal ( $P < 0.01$ ) y el nivel de suplementación ( $P < 0.001$ ). Además, se observó una marcada interacción de año x carga, pero que no llegó a alcanzar el nivel de significancia ( $P = 0.061$ ).

En la Tabla 10, se puede observar que las ganancias de peso exhibidas por los animales durante el primer año ( $0.795 \pm 0.10 \text{ kg d}^{-1}$ ) fue superior a la obtenida durante el segundo año ( $0.691 \pm 0.10 \text{ kg d}^{-1}$ ). También se puede observar que hubo una tendencia a obtener mayores ganancias de peso a medida que se aumentaba el nivel de suplementación, y que alcanzó a ser significativa ( $P < 0.05$ ) al nivel más alto de suplementación (0.9 % del PV).

Las ganancias de peso mostraron una tendencia a la disminución a medida de que se aumentaba la carga animal. Esta disminución en la ganancia de peso atribuible a una mayor carga animal fue significativa ( $P < 0.01$ ) en el primer año de estudio, pero no lo fue durante el segundo, a pesar de que se observó la misma tendencia general.

Considerando las estaciones, el efecto del mayor nivel de suplementación, así como el de una mayor carga animal, fue significativo ( $P < 0.01$ ) durante el invierno y la primavera, pero no en verano (Tabla 11).

**Tabla 10. Promedios anuales de ganancia de peso diario (kg) de los animales según carga animal y nivel de suplementación**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Año 1</b>				
<b>2.50</b>	0.888 a	0.823 b	0.905 a	<b>0.872 m</b>
<b>3.00</b>	0.772 bc	0.794 bc	0.823 b	<b>0.796 n</b>
<b>3.70</b>	0.659 de	0.717 cd	0.775 bc	<b>0.717 o</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>0.773 q</b>	<b>0.778 qr</b>	<b>0.834 r</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>0.795 n</b>
<b>Año 2</b>				
<b>2.50</b>	0.629 ef	0.704 cd	0.772 bc	<b>0.702 o</b>
<b>3.00</b>	0.689 cde	0.718 cd	0.752 cd	<b>0.719 o</b>
<b>3.70</b>	0.624 ef	0.574 ef	0.757 cd	<b>0.652 o</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>0.647 p</b>	<b>0.665 p</b>	<b>0.760 q</b>	<b>Promedio de Año</b>
				<b>0.691 o</b>
<b>Ambos Años Combinados</b>				
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>0.709</b>	<b>0.721</b>	<b>0.797</b>	<b>0.742</b>

a, b, c, d, e, f Promedios de carga x suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

m, n, o Promedios de cargas seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

p, q, r Promedios de suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

**Tabla 11. Promedios de ganancia de peso diario (kg) de los animales según carga animal, nivel de suplementación y estación del año.**

Carga Animal (cab/ha)	Suplementación (% del PV)			Promedios de Cargas
	0.5	0.7	0.9	
<b>Invierno</b>				
<b>2.50</b>	0.476 h	0.534 gh	0.635 g	<b>0.548 o</b>
<b>3.00</b>	0.452 hi	0.535 gh	0.567 gh	<b>0.518 o</b>
<b>3.70</b>	0.361 i	0.389 i	0.487 h	<b>0.412 p</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>0.429 p</b>	<b>0.486 p</b>	<b>0.563 q</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>0.493 op</b>
<b>Primavera</b>				
<b>2.50</b>	0.958 bc	0.854 def	1.055 a	<b>0.956 m</b>
<b>3.00</b>	0.943 bcd	0.904 cde	0.987 abc	<b>0.945 m</b>
<b>3.70</b>	0.773 fg	0.800 fg	0.876 de	<b>0.818 n</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>0.893 r</b>	<b>0.853 r</b>	<b>0.972 s</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>0.906 m</b>
<b>Verano</b>				
<b>2.50</b>	0.921 ab	0.915 bcde	0.879 de	<b>0.893 m</b>
<b>3.00</b>	0.893 cde	0.900 cde	0.845 efg	<b>0.879 m</b>
<b>3.70</b>	0.867 def	0.818 efg	0.991 ab	<b>0.892 m</b>
<b>Promedios de Suplementación</b>	<b>0.893 r</b>	<b>0.878 r</b>	<b>0.893 r</b>	<b>Promedio de Estación</b>
				<b>0.888 m</b>

a, b, c, d, e, f, g, h, i Promedios de carga x suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

m, n, o Promedios de cargas seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

p, q, r, s Promedios de suplementación seguidos de distintas letras, difieren significativamente ( $P < 0.05$ )

### Consumo de suplemento

En la Tabla 12 se resumen los promedios diarios de suplemento ofrecido a los animales durante cada mes de experimentación según nivel de suplementación correspondiente y la cantidad promedio total de afrecho de trigo consumida por cada animal durante los diez meses que duró la investigación. Como la cantidad ofrecida era, por diseño, un porcentaje fijo del peso vivo de los animales, los datos de consumos promedio de suplemento no fueron sometidos a análisis estadístico.

**Tabla 12. Consumos promedios y acumulados de afrecho de trigo por los animales experimentales según nivel de suplementación.**

Mes	Nivel de Suplementación (% del PV)					
	0.5		0.7		0.9	
	Peso <sup>a</sup>	Supl. <sup>b</sup>	Peso <sup>a</sup>	Supl. <sup>b</sup>	Peso <sup>a</sup>	Supl. <sup>b</sup>
1	280.27	1.40	278.09	1.94	279.00	2.51
2	287.33	1.44	289.24	2.02	286.69	2.58
3	296.72	1.48	299.03	2.09	304.18	2.73
4	310.04	1.55	313.36	2.19	320.87	2.88
5	331.96	1.65	336.77	2.36	347.33	3.12
6	356.41	1.78	357.57	2.50	374.06	3.36
7	380.96	1.90	384.42	2.69	402.15	3.62
8	411.03	2.05	413.60	2.88	434.54	3.91
9	432.92	2.16	453.59	3.17	472.56	4.25
10	477.71	2.38	478.72	3.35	500.84	4.51
<b>Total<sup>c</sup></b>	-----	<b>500.60</b>	-----	<b>707.89</b>	-----	<b>938.66</b>

<sup>a</sup> Peso promedio del grupo de animales al iniciar el mes (kg); <sup>b</sup> Cantidad (kg) promedio de suplemento diario proporcionado por animal durante el mes; <sup>c</sup> Cantidad (kg) promedio de suplemento recibida por cada animal durante los 10 meses de experimentación.

Durante los diez meses de experimentación, la ganancia de peso total exhibida por los animales fue de 197.44, 200.63 y 221.84 kg, para los grupos que recibieron la suplementación a razón del 0.5, 0.7 y 0.9 % de su peso vivo, respectivamente.

Sin considerar el consumo de forraje, estas cifras dan una eficiencia parcial de utilización del afrecho de trigo para fines de crecimiento de 2.53, 3.52 y 4.23 kg de afrecho por cada unidad (kg) de aumento de peso. De estas mismas cifras también se puede observar que al aumentar el nivel de suplementación de 0.5 a 0.7 % del peso vivo de los animales, la conversión obtenida se redujo en un 39.12 % y al aumentarla al 0.9 % del peso vivo, la conversión se redujo en un 67.19 %, es decir, el efecto marginal de la suplementación con afrecho de trigo disminuye a medida que se aumenta el nivel de suplementación.

Por otro lado, con el mayor nivel de suplementación (0.9 % del PV), los animales ganaron más peso (24.40 kg) que los que recibieron el suplemento a razón del 0.5 % del PV pero consumieron 438.06 kg más de afrecho de trigo. La deseabilidad económica de realizar esta práctica dependerá de los precios de los insumos (afrecho de trigo) y del producto (precio del torete en pié) y de la posibilidad de aumentar aún más la carga animal para obtener una mayor producción de carne por unidad de superficie.

## CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en esta investigación se puede concluir lo siguiente:

- La suplementación con afrecho de trigo, logró mejorar la ganancia en peso diaria a toretes para carne en pastoreo de gramíneas tropicales. En promedio general, los valores de ganancia de peso diaria de los animales fueron altos si se comparan con valores que se obtienen en producciones locales y en experimentos realizados con los forrajes presentes en climas tropicales.
- Como era de esperarse, las ganancias de peso de los animales se vieron afectadas por la carga animal y por el nivel de suplementación al que estuvieron expuestos los grupos experimentales.
- Los resultados obtenidos variaron en los dos años considerados y también en las estaciones dentro de años, indicando una marcada influencia de las variables climáticas predominantes sobre las ganancias de peso de los animales y sobre la disponibilidad y composición química del forraje presente.
- El promedio general del contenido de PB en todas las muestras recolectadas (13.78 %) fue más alto de lo que se espera en gramíneas tropicales y el contenido de FDN (65.47 %) y FDA (31.78 %) fue menor a los valores típicos de dichas gramíneas tropicales.

- La disponibilidad de forraje ofrecido a los animales siempre estuvo por encima de la capacidad de consumo de éstos, lo que permite inferir que la respuesta animal a la suplementación bajo las distintas cargas animales pudo verse parcialmente opacada por este factor.
- La alta disponibilidad de forraje presente, así como el efecto sustitutivo parcial de la suplementación, permitiría a los productores tomar decisiones administrativas (como un ajuste de la carga animal o cosecha parcial del forraje presente) para evitar pérdidas de forraje y aumentar la producción de carne por unidad de área

## BIBLIOGRAFÍA

- Aiken, G. E., W. D. Pitman, C. G. Chambliss y K. M. Portier. 1991. Responses of yearling steers to different stocking rates on a subtropical grass-legume pasture. *J. Anim. Sci* 69:3348-3356.
- ANKOM, 2006. Acid detergent fiber in feeds filter bag technique (For A200, A200I, A220). ANKOM Technology Method 5
- ANKOM. 2006. Neutral detergent fiber in feeds filter bag technique (For A200, A200I, A220). ANKOM Technology Method 6.
- A. O. A. C. 1998. Official Methods of Analyses. Assoc. Off. Anal. Chemists. Washington, D. C.
- Aranda, E., G. D. Mendoza, C. García-Bojalil y F. Castrejón. 2001. Growth of heifers grazing stargrass complemented with sugar cane, urea and a protein supplement. *Livestock Production Science* 71:201–206.
- Arthington, J. D. y W. F. Brown. 2005. Estimation of feeding value of four tropical forage species at two stages of maturity. *J. Anim. Sci.* 83:1726-1731.
- Beaty, J. L., R. C. Cochran, B. A. Lintzenich, E. S. Vanzant, J. L. Morrill, R. T. Brandt Jr. y D. E. Johnson. 1994. Effect of frequency of supplementation and protein concentration in supplements on performance and digestion characteristics of beef cattle consuming low-quality forages. *J. Anim. Sci.* 72:2475-2486.
- Blackwood, I., G. Briggs, J. Christie, L. Davies, N. Griffiths. 2006. Beef stocking rates and farm size - Hunter region. NSW Department of Primary Industries.
- Blasi, D. A., J. S. Drouillard, G. L. Kuhl, y R. H. Wessels. 1998. Wheat middlings in roughage-based or limit-fed, high-concentrate diets for growing calves. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. *Cattlemen's Day*: 56-59.
- Blasi, D. A., G. L. Kuhl, J. S. Drouillard, C. L. Reed, D. M. Trigo-Stockli, K. C. Behnke y F. J. Fairchild. 1998. Wheat Middlings Composition, Feeding Value, and Storage Guidelines. Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service.
- Bowman, J. G., y B. F. Sowell. 1997. Delivery method and supplement consumption by grazing ruminants: A review. *J. Anim. Sci.* 75:543-550.

- Casas, A., D. Cianzio, A. Rivera, M. Antoni, L. Añeses, L. Cantisani. 2000. The effect of stocking rate, fertilizer level and winter supplementation on the grazing performance of Senepol purebred and crossbred bulls. *J. Agric. Univ. P.R.* 84(1-2):1-15.
- Casas, A., D. Cianzio, A. Rivera. 2005. Importancia del mercado consumidor de carne. Universidad de Puerto Rico. Recinto Universitario de Mayagüez. Colegio de Ciencias Agrícolas. *La Res Informativa*. Vol. 9:1-4.
- Coleman, S. W., F. M. Pate, y D. W. Beardsley. 1976. Effect of Level of Supplemental Energy Fed Grazing Steers on Performance during the Pasture and Subsequent Drylot Period. *J. Anim. Sci.* 42: 27–35.
- Dalke, B.S., R. N. Sonon, Jr, M. A. Young, G. L. Huck, K. K. Kreikemeier y K. K. Bolsen. 1997. Wheat middlings in high-concentrate diets: feedlot performance, carcass characteristics, nutrient digestibilities, passage rates, and ruminal metabolism in finishing steers. *J. Anim. Sci.* 75: 2561-2566.
- DelCurto, T., R. C. Cochran, L. R. Corah, A. A. Beharka, E. S. Vanzant y D. E. Johnson. 1990. Supplementation of dormant tallgrass-prairie forage: II. Performance and forage utilization characteristics in grazing beef cattle receiving supplements of different protein concentrations. *J. Anim. Sci.* 68:532-542.
- DelCurto, T., B. W. Hess, J. E. Huston y K. C. Olson. 2000. Optimum supplementation strategies for beef cattle consuming low-quality roughages in the western United States. *J. Anim. Sci.* 77: 1-16
- Donaldson, R. S., M. A. McCann, H. E. Amos y C. S. Hoveland. 1991. Protein and fiber digestion by steers grazing winter annuals and supplemented with ruminal escape protein. *J. Anim. Sci.* 69:3067-3071.
- Forbes, T. D. A. 1988. Researching the Plant-Animal Interface: The investigation of Ingestive Behavior in Grazing Animals. *J. Anim. Sci.* 66:2369-2379.
- Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analysis. *Agric. Handbook No. 379*. ARS, USDA, Washington, D.C.
- Heldt, J. S., R. J. Pruitt, C. P. Birkelo, P. S. Johnson y Z. W. Wicks, 3<sup>rd</sup>. 1998. Evaluation of wheat middlings as a supplement for beef cows grazing native winter range with differing forage availabilities. *J. Anim. Sci.* 76:378-387.

- Hernández, A., L. E. Sollenberger, D. C. McDonald, G. J. Ruesegger, R. S. Kalmbacher y P. Mislevy. 2004. Nitrogen Fertilization and Stocking Rate Affect Stargrass Pasture and Cattle Performance. *Crop Sci.* 44:1348–1354.
- Jurgens, M. 1993. *Animal Feeding and nutrition*. Seventh edition. Iowa, United States of America.
- Krysl, L. J. y B. W. Hess. 1993. Influence of supplementation on behavior of grazing cattle. *J. Anim. Sci.* 71:2546-2555.
- Kunkle, W. E., J. T. Johns, M. H. Poore y D. B. Herd. 2000. Designing supplementation programs for beef cattle fed forage-based diets. *J. Anim. Sci.* 77:1-11.
- Lippke H., y W. C. Ellis. 1989. Protein supplements fed to yearling steers grazing common Bermudagrass pastures. Pages 5-7 in *“Forage Research in Texas”*, bulletin CPR-4731, Texas A.M. University, Texas.
- Loy, T. W., J. C. MacDonald, T. J. Klopfenstein y G. E. Erickson. 2007. Effect of distillers grains or corn supplementation frequency on forage intake and digestibility. *J. Anim. Sci.* 85:2625-2630.
- Más, E. G. y O. García-Molinari. 2006. Guía ilustrada de yerbas comunes en Puerto Rico. USDA- Servicio de conservación de recursos naturales, Área del Caribe. UPR-Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas-Servicio de Extensión Agrícola.
- Matějovský, K. M. y D. W. Sansón. 1995. Intake and digestion of low-, medium-, and high-quality grass hays by lambs receiving increasing levels of corn supplementation. *J. Anim. Sci.* 73:2156-2163.
- Mintert, J., L. I. Lusk, T. C. Schroeder, J. A. Fox y M. Koohmaraie. 2000. Valuing beef tenderness. Kansas State University.
- Mislevy, P. W., F. Brown, L. S. Dunavin, D. W. Hall, R. S. Kalmbacher, A. J. Overman, O. C. Ruelke, R. M. Sonoda, R. L. Stanley, Jr. y M. J. Williams. 1989. Florona Stargrass. *Florida Agric. Exp. Stn. Circ.* S-362.
- Moore, J. E., M. H. Brant, W. E. Kunkle y D. I. Hopkins. 1999. Effects of supplementation on voluntary forage intake, diet digestibility, and animal performance. *J. Anim. Sci.* 77:122-135.

- Ortiz, G. 2002. Suplementación con dos fuentes de nitrógeno a toretes pastando gramíneas tropicales. Tesis de grado de Maestro en Ciencias en Industria Pecuaria. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.
- Ovenell, K. H., K. S. Lusby, G. W. Horn y R. W. McNew. 1991. Effects of lactational status on forage intake, digestibility, and particulate passage rate of beef cows supplemented with soybean meal, wheat middlings, and corn and soybean meal. *J. Anim. Sci.* 69:2617-2623.
- Parsch, L. D., M. P. Popp, y O. J. Loewer. 1997. Stocking rate risk for pasture-fed steers under weather uncertainty. *J. Range Manage.* 50:541-549.
- Phillips, W. A., S. P. Hart, H. A. Glimp y D. L. VonTungeln. 1995. Supplementation to compensate for differing stocking rates for steers grazing wheat pasture. *J. Prod. Agric.* 8:84-88.
- Poppi, D. P. y S. R. McLennan. 1995. Protein and energy utilization by ruminants at pasture. *J. Anim. Sci.* 73:278-290.
- Quijano Cabrera, Y. 1999. Selección y siembra de yerbas para pastoreo. UPR-Mayagüez, Colegio de Ciencias Agrícolas-Servicio de Extensión Agrícola.
- Ramos, J. A., G. D. Mendoza, E. Aranda, C. Garcia-Bojalil, R. Barcena, J. Alanis R. 1998. Escape protein supplementation of growing steers grazing stargrass. *Anim. Feed Sci. Tech.* 70:249-256.
- Redfearn, D.D. y T.G. Bidwell. 2009. Stocking rate: the key to successful livestock production. *Oklahoma Coop. Ext. Serv.* PSS-2871.
- Riquelme-Villagrán, Ernesto. 1999. Suplementación proteínica-energética a animales en pastoreo. Memorias, Simposio Internacional sobre Estrategias de Suplementación a Animales en Pastoreo. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.
- SAS Institute. 2005. SAS User's Guide, Release 9.1 for Windows. SAS Institute, Inc. Cary, North Carolina.
- Sprinkle, J. 2001. Protein supplementation. University of Arizona. Arizona Ranchers Management Guide. 49-57.
- Sunvold, G. D., R. C. Cochran y E. S. Vanzant. 1991. Evaluation of wheat middlings as a supplement for beef cattle consuming dormant bluestem-range forage. *J. Anim. Sci.* 69:3044-3054.

- Tobias, B., G. D. Mendoza, E. Aranda, S. González, E. Arjona, F. Plata y L. Vargas. 2006. A simulation model to predict body weight gain in growing steers grazing tropical pastures. *Agricultural Systems* 90:99-111.
- White, L. D. y A. McGinty. 1999. Stocking Rate Decisions: Key to Successful Ranch Management. E-152. Extension Range Specialists, The Texas A&M University System.
- ZoBell, D. R., L. A. Goonewardene, K. C. Olson, C. A. Stonecipher y R. D. Wiedmeier. 2003. Effects of feeding wheat middlings on production, digestibility, ruminal fermentation and carcass characteristics in beef cattle. *Can. J. Anim. Sci.* 83:551-557.