

## Capítulo XXIV

### **Calidad de los pastos tropicales y productividad animal**

**Omar Araujo-Febres**

---

La alimentación de herbívoros supone el reto de suministrar la cantidad y calidad de los pastos para alcanzar las metas de producción. Los factores más importantes para la producción con herbívoros han sido señalados como la cantidad de vegetación (biomasa) medida en kilogramos de materia seca por metro cuadrado (kg MS/m<sup>2</sup>) y la calidad de los pastos, medida fundamentalmente en la concentración foliar de diferentes macronutrientes como: nitrógeno, fósforo, calcio, magnesio, potasio y sodio, medidos como porcentaje de la MS o en miligramos por gramo de materia seca (mg/g MS) En este trabajo se analizarán los criterios que definen calidad, los factores de la planta y del suelo, los microorganismos con sus respectivas interacciones con el animal y el manejo practicado por el hombre, sobre la calidad y la productividad animal en condiciones de pastoreo.

### **CRITERIOS QUE DEFINEN CALIDAD EN LAS PLANTAS FORRAJERAS**

#### **Genéticos y fisiológicos**

Las plantas forrajeras han evolucionado simultáneamente con los herbívoros lo cual los hace mutuamente interdependientes (Van Soest, 1994). Las especies forrajeras del trópico son diferentes de las especies de clima templado, debido a factores genéticos y ambientales, tales como la luz solar, longitud del día, temperatura, agua, enfermedades y el suelo que van a afectar la anatomía de la planta, la relación hoja:tallo, la tolerancia al estrés, solubles detergente neutro (SDN) y fibra detergente neutro (FDN). Las gramíneas templadas en comparación con las gramíneas tropicales poseen normalmente mayores contenidos de SDN como lípidos, azúcares, almidón, proteína y ácidos orgánicos, así como pectina (componente normal de la pared celular), y menores de lignina, fibra cruda (FC), FDN y fibra detergente ácido (FDA), celulosa y menores de la fracción menos digestible: lignina, cutina y sílice (Mislevy, 1985).

Las leguminosas tropicales tienden a poseer mayores contenidos de lignina y de PC y valores más bajos de paredes celulares que las gramíneas tropicales, pero mayor

concentración de pared celular y lignina que las leguminosas de clima templado (Van Soest, 1994). Las leguminosas poseen lignina únicamente en el xilema, mientras que las gramíneas poseen lignina distribuida en todos los tejidos excepto en el floema (Steinshamn, 2010). Estudios de fermentación ruminal han mostrado que esas diferencias en la estructura de las paredes celulares resultan en menor llenado del rumen y en una mayor tasa de pasaje, que explican la mayor capacidad de consumo de las leguminosas que las gramíneas (Steinshamn, 2010).

El valor nutritivo se refiere a la composición química, digestibilidad y la naturaleza de los productos obtenidos; la cantidad de forraje consumido afecta la cantidad de nutrientes ingeridos y por consiguiente, la respuesta animal (Crowder, 1985). Los herbívoros silvestres poseen una amplia oferta de gramíneas y leguminosas forrajeras que les permiten mantener a través del año un consumo adecuado de cantidad y calidad de proteína cruda, energía metabolizable, calcio y fósforo. No así en los bovinos domésticos, que dependen del manejo que hace el ganadero.

### Ambiente

El clima y la estación afectan el desarrollo de las plantas, siendo la luz solar la única fuente de energía para la planta, dependiendo la luz total recibida por la planta de la longitud del día e intensidad de la radiación. La fotosíntesis convierte agua y  $\text{CO}_2$  en glucosa, necesaria para el metabolismo del nitrógeno, convirtiendo el nitrato en amonio y luego en aminoácidos necesarios para la síntesis proteica (Van Soest, 1994). La máxima eficiencia de conversión de la energía solar en biomasa es de 4,6% para las plantas  $\text{C}_3$  a  $30^\circ\text{C}$  y 380 ppm de  $[\text{CO}_2]$  atmosférico, pero es 6% para las plantas  $\text{C}_4$  (Zhu *et al.*, 2008). Las hojas de las gramíneas tropicales tienen características fotosintéticas superiores a las hojas de las leguminosas tropicales, resultando en mayores tasas de fotosíntesis y mayor eficiencia en la utilización de la luz (Ludlow & Wilson, 1971a).

Una mayor temperatura ambiental acelera la actividad metabólica de la planta, haciendo que los productos de la fotosíntesis sean convertidos más rápidamente en componentes estructurales, lo que se traduce en una disminución del contenido celular y del pool de metabolitos del contenido celular, a la vez que aumenta la lignificación de las paredes celulares (Van Soest, 1994). Las tasas máximas de fotosíntesis de las plantas  $\text{C}_3$  son aproximadamente de 13 y 10  $\text{mmol/m}^2/\text{s}$  a  $20^\circ\text{C}$ , mientras que las plantas  $\text{C}_4$  alcanzan un máximo de tasa fotosintética alrededor de 25  $\text{mmol/m}^2/\text{s}$  a  $30^\circ\text{C}$  (Kubien & Sage, 2004). Las temperaturas óptimas para las gramíneas y leguminosas tropicales son más altas que los valores correspondientes en las especies templadas (Ludlow & Wilson, 1971a). Sin embargo, a bajas temperaturas, el desempeño de las plantas  $\text{C}_4$  es por lo general inferior a las especies  $\text{C}_3$  (Kubien & Sage, 2004).

A nivel mundial, las gramíneas  $\text{C}_4$  son poco comunes en regiones en las que la temperatura mínima del mes más cálido de la temporada de crecimiento es inferior a  $8^\circ\text{C}$  (Long, 1983). Las funciones de concentración de  $\text{CO}_2$  del mesófilo dan a las especies  $\text{C}_4$  numerosas ventajas fotosintéticas sobre sus competidores  $\text{C}_3$ , sobre todo en temperaturas cálidas (Kubien & Sage, 2004); por el contrario, Chamaillé-Jammes & Bond (2010) señalan que el incremento dramático del  $\text{CO}_2$  atmosférico favorece la fotosíntesis de las plantas  $\text{C}_3$  vs  $\text{C}_4$ . El nivel de rechazo también es más alto para los pastos y leguminosas  $\text{C}_4$  que para los pastos y leguminosas  $\text{C}_3$  (Reid *et al.*, 1990).

## **Suelo**

El suelo está formado de partículas sólidas de diferentes tamaños y composición química y en ellas se encuentran los nutrientes y numerosos microorganismos e invertebrados. Las plantas no pueden crecer sin agua y sin aire en las raíces, así como los procesos metabólicos de las plantas están supeditados a la temperatura del suelo (Letey, 1985). Los elementos nutritivos del suelo dependen de la roca y minerales de los cuales se deriva y del grado de meteorización al que ha estado sujeto (Van Soest, 1994). El pH es otro factor a considerar; en suelos con pH altos (>7,0) y alta saturación de bases (>90%) se presentarán deficiencias de magnesio y de manganeso (Mayland & Grunes, 1979), mientras que el molibdeno es mas soluble y por lo tanto mas asimilable.

## **Plagas y enfermedades**

Existe poca información publicada sobre el impacto de las plagas y enfermedades en el rendimiento y la calidad de los forrajes. Las mejoras en pastos con base en el aumento de la digestibilidad de la materia seca y de la proteína pueden aumentar la susceptibilidad a la *Spodoptera frugiperda* (Lynch *et al.*, 1986). La temperatura del suelo es otro factor que influye el ataque de plagas. La hormiga roja (*Solenopsis invicta* Buren) tiene la mayor actividad para cosechar forraje cuando la temperatura del suelo (medida a 2 cm) esta entre 15 y 43°C, siendo máxima la actividad entre 22 y 36°C.

La actividad se reduce casi totalmente durante la lluvia, dependiendo de su intensidad (Porter & Tschinke, 1987). Algunas gramíneas poseen aceites esenciales, los cuales son responsables en parte, por la selectividad de los animales y la resistencia de la hierba a los efectos destructivos de algunas plagas como *Spodoptera frugiperda* y hormiga roja (*Solenopsis invicta* Buren) (Villanueva, 2008) debido a las propiedades repelentes de los aceites. Los hongos son importantes en ambientes húmedos, porque producen micotoxinas que son responsables por la aparición de micotoxicosis en el ganado. Entre las especie de hongos que revisten importancia están *Aspergillus* sp., *Fusarium* sp., *Curvalaria* sp., *Cladosporium* sp., *Alternaria* sp. Estos microorganismos ocasionan daños severos cuando las condiciones ambientales les son favorables, pero con las estrategias de control como las medidas culturales, la resistencia genética y el control biológico es posible disminuir los daños y reducir el empleo de agroquímicos (Lezcano, 1999).

## **Edad de la planta**

En la medida que la planta crece y se desarrolla, la estructura de la planta cambia y también su composición química. Los limbos foliares dejan de crecer y se incrementan los tallos, modificando la relación hoja:tallo. El contenido de celulosa aumenta y disminuye el contenido de nitrógeno y de agua.

## **Contenido de nitrógeno**

La productividad de los grandes herbívoros depende del consumo de energía y nutrientes digestibles del alimento (Stapelberg, 2008). Los parámetros de calidad más limitantes para los herbívoros son el nitrógeno (proteína cruda, PC) y la cantidad de MS disponible (Prins & Beekman, 1989). La cantidad de pasto que consumen los her-

bívoros está estrechamente relacionada con el contenido de nitrógeno en el mismo y el consumo disminuye cuando el pasto es deficiente en proteína (Stobbs, 1975; Van Soest, 1994). Un factor limitante para la utilización de los pastos C4 por los rumiantes puede ser la disponibilidad del nitrógeno a nivel ruminal para lograr una efectiva degradación de la fibra (Reid *et al.*, 1990).

Entender cómo los microorganismos que degradan la fibra necesitan nitrógeno ha permitido la incorporación de nitrógeno no proteico en las dietas, haciendo así más eficiente la fermentación de la pared celular, a la vez que estimula el consumo de MS de heno y aumenta la digestibilidad aparente del heno (Araujo-Febres *et al.*, 1993; 2001), mientras que los tratamientos químicos, como la amonificación, incrementan la digestibilidad de la materia orgánica y mejoran el desempeño animal (Brown & Adjei, 1995; Rodríguez *et al.*, 2002).

La urea es hidrolizada por medio de la ureasa a amoníaco y causa la disociación de complejos lignina-carbohidratos presentes en las paredes celulares de las plantas (Hartley & Jones, 1978). El añadir leguminosas al potrero permite esperar un incremento en la ganancia diaria de peso y en la producción de leche (Stobbs, 1975; Rojas *et al.*, 1995; González *et al.*, 2003). La suplementación con concentrado también aumenta el suministro de proteína cruda y energía metabolizable, incrementa el consumo de materia seca total (y la digestibilidad), mientras que el consumo de materia seca proveniente del forraje disminuye, mostrando un efecto de sustitución (Liméa *et al.*, 2009). El suministro de nitrógeno hasta alcanzar unos 100 g/kg de la MS de la dieta es suficiente para obtener la máxima utilización de la fibra de los pastos tropicales de baja calidad (Souza *et al.*, 2010).

### Contenido de fibra

El término fibra se utiliza para describir el componente de las paredes celulares de los vegetales; la fibra no puede ser digerida por los mamíferos, al no poseer las enzimas adecuadas. Los sistemas de producción con rumiantes están basados en los forrajes (Wilkins, 2000) y los microorganismos ruminales digieren los forrajes transformándolos en ácidos, como producto de la fermentación y en células microbianas, que proporcionan energía y proteína al animal huésped. La celulosa, hemicelulosa y pectina son los principales carbohidratos de los forrajes, un componente importante de la dieta de los rumiantes (Hespell & Cotta, 1995).

La digestibilidad de los forrajes está relacionada inversamente con su contenido de fibra. Para permitir la fermentación microbiana, los rumiantes deben almacenar los alimentos por varias horas (tiempo de retención). Este almacenaje es potencialmente una limitante a la capacidad física y una limitante al consumo (Forbes, 1998). La tasa de pasaje de los residuos fibrosos indigeridos del retículo-rumen y la tasa de digestión de la fibra parecen ser los principales factores que limitan el consumo de los forrajes de baja calidad (Lippke, 1980).

El nivel de nutrientes digestibles totales está negativamente correlacionado con el nivel de FDN en las dietas ( $r = -0,6006$ ), pero no se puede demostrar una relación directa y constante entre el consumo de FDN y el consumo voluntario (Detmann *et al.*, 2003). El contenido de lignina en los forrajes también está negativamente correlacionado con el consumo de FDN.

cionado con la degradabilidad de la fibra, proponiéndose que la lignina actúa como una barrera física a la degradación microbiana de la fibra en el rumen (Barahona & Sánchez, 2005). La hemicelulosa sola tiene una relación significativa ( $r = 0,81$ ) con el consumo de FDN, mientras que con la celulosa se relaciona negativamente ( $r = -0,63$ ), así que, la FDA está relacionada negativamente con el consumo de MS ( $r = -0,93$ ), al igual que con consumo de materia orgánica digestible ( $r = -0,94$ ) (Lippke, 1980).

La proteína digestible y la proteína cruda fueron relacionados por una ecuación lineal mostrando una fuerte asociación ( $r = 0,99$ ) con el coeficiente de digestibilidad verdadera: 0,86. La proteína cruda está significativamente relacionada ( $P < 0,01$ ) con el consumo de MS ( $r = 0,86$ ), con la digestibilidad de la materia orgánica (MOD;  $r = 0,74$ ) y con el consumo de materia orgánica (MO;  $r = 0,94$ ) (Lippke, 1980).

## **INFLUENCIA DE LOS FACTORES PLANTA-ANIMAL-SUELO-CLIMA-MICROORGANISMOS Y MANEJO DEL HOMBRE**

Uno de los factores más importantes que afectan la productividad del animal a pastoreo es la subnutrición y la falta de suficiente energía y proteína (McDowell & Valle, 2000). Sin embargo, se ha observado algunas veces en animales que consumen abundante alimento, el deterioro de su condición corporal debido a desbalances en el contenido mineral en suelos y pastos (McDowell & Valle, 2000). Los principales minerales en los forrajes son calcio (Ca), cloro (Cl), fósforo (P), magnesio (Mg), potasio (K), sodio (Na) y azufre (S) (McDowell & Valle, 2000).

El suelo es la fuente de todos los minerales encontrados en los pastos. Cualquier deficiencia de minerales en el ganado, está asociada a regiones específicas y directamente relacionada con la concentración mineral en el suelo y con las características del mismo (McDowell & Valle, 2000). El contenido mineral del suelo podría ser la limitante más importante, sin embargo, hay otros factores que limitan la disponibilidad como el pH, la textura, contenido de humedad y de materia seca del suelo (McDowell & Valle, 2000).

Durante el pastoreo, el animal deposita deyecciones sobre el campo que afectan directamente a la planta, como la orina que puede causar quemaduras sobre las partes verdes, pero también aportan fertilizantes minerales al suelo y suministran elementos orgánicos al suelo enriqueciendo el humus, además, influyen sobre la microflora y microfauna del suelo (Voisin, 1967). El estiércol mejora la calidad del suelo y el funcionamiento porque incrementa el contenido de carbono orgánico y de nitrógeno, aumenta la capacidad de retención de agua y la porosidad del suelo, disminuye la densidad aparente y la resistencia a la penetración, aumenta la biomasa microbiana y potencialmente la mineralización del nitrógeno (Bhagal *et al.*, 2011).

## **EFECTO DE LA SOMBRA SOBRE LA CALIDAD DEL PASTO**

Los árboles afectan la disponibilidad de luz, de nutrientes y de agua a los pastos y compiten por los nutrientes del suelo (Ludwig, 2001). El sombreado afecta notablemente la anatomía y las características fotosintéticas de las hojas del pasto y de las leguminosas. Las hojas sombreadas son más delgadas, más pequeñas y menos densas

que las hojas de las células sin sombra. Dos de las características más sobresalientes de las hojas sombreadas de gramíneas son la menor concentración de clorofila y la alteración de las características estructurales tales como el grosor de la hoja y el peso seco de la hoja por unidad de área (Ludlow & Wilson, 1971b). La altura de la planta incrementa, mientras que la materia seca disminuye en la medida que aumenta el porcentaje de sombra que recibe. La exposición de la planta a una mayor sombra muestra una tendencia a una mayor área foliar (Viáfara *et al.*, 1997). Los árboles afectan la calidad de los pastos y la producción sobre la base de árboles individuales; la concentración de N y digestibilidad de la materia seca tiende a ser mayor bajo los árboles que entre árboles. En términos generales, se llega a la conclusión de que los árboles mejoran la calidad de los pastos, especialmente en las sabanas secas (Treydte *et al.*, 2007).

## **GENÉTICA, PRODUCTIVIDAD Y SALUD ANIMAL**

Para alcanzar los objetivos de producir leche y carne de alta calidad para la alimentación y salud humana, utilizando pastos, forrajes y subproductos, es necesario que la empresa sea rentable, que obtenga altos rendimientos de leche y en canal, que la calidad de la leche y de la carne sea óptima, llegando al consumidor a un precio accesible y en especial, que tanto la producción como el procesamiento deben ser social y ambientalmente responsables (Dikeman, 2013).

El mejoramiento genético es la primera herramienta para alcanzar las mayores ganancias de peso, mayor producción de leche y carne, para reducir costos de producción (Dikeman, 2013). Para alcanzar esas metas en los diferentes medios ecológicos, se debe seleccionar el ganado, para lo cual se requiere la integración de la genética, la nutrición y la biología reproductiva a las prácticas de manejo (McNamara, 2012). El consumo de nutrientes digeribles determina en gran medida el desempeño productivo de los animales (Stobbs, 1975; Lippke, 1980); sin embargo, la calidad del forraje es probablemente el factor que más influye sobre la productividad de los rumiantes a pastoreo (Van Soest, 1994).

Que una buena salud es fundamental para alcanzar el bienestar no tiene discusión. Las medidas de salud biológica utilizadas por veterinarios y productores se centran generalmente en enfermedades, lesiones y problemas reproductivos. La activación de la respuesta del sistema inmune durante una enfermedad requiere energía metabólica (Colditz, 2002) y la enfermedad, a menudo, se traduce en una menor consumo de alimento, observándose que las altas tasas de mortalidad están casi siempre asociadas a una baja calidad de vida de los animales (Von Keyserlingk *et al.*, 2009). Es fácil aceptar que la falta de bienestar será evidente porque baja la producción de leche o la ganancia diaria de peso.

## **GANANCIA DE PESO**

El animal primero debe satisfacer sus necesidades de mantenimiento. Cuando supera ese nivel, el aumento de pequeñas cantidades de alimento permite lograr incrementos en la producción (Stobbs, 1975). Los rumiantes consumen el pasto de manera selectiva en función de la oferta y de la calidad y esto le permite alcanzar la máxima ingesta de nutrientes posible (Ortega, 2009). Los nutrientes requeridos para obte-

ner 1 kilo de ganancia de peso por día es el equivalente a 8-9 kg de leche por día (Stobbs, 1975). Las ganancias de peso a pastoreo de pastos tropicales mejorados pueden alcanzar ganancias de 0,9 a 1,2 kg por novillo por día durante un periodo corto de crecimiento vigoroso del pasto; sin embargo, numerosas experiencias muestran que la ganancia promedio anual por novillo es de 0,35 kg por día (Stobbs, 1975). En el largo plazo, la persistencia del potrero va estar estrechamente relacionada con la carga animal, y a su vez se afectará la ganancia diaria de peso, siendo menor a medida que se incrementa la carga (Schlegel *et al.*, 2000).

La carga animal es una variable fundamental en el manejo de los pastos, existiendo una relación característica entre la carga animal y el desempeño de los animales para cada tipo de forraje (Morgan *et al.*, 2012). La masa herbácea ofrecida disminuye con el incremento de la carga animal, dando como resultado una menor ganancia diaria de peso por animal, pero una mayor ganancia de peso por hectárea hasta alcanzar un límite (Inyang *et al.*, 2010; Morgan *et al.*, 2012). El aumento del número de potreros y la disminución del número de días de ocupación, no necesariamente aumenta la ganancia diaria por animal o por hectárea. La carga animal óptima va a depender de la oferta de masa herbácea, por lo que el aumento del número de potreros va a mejorar la utilización del pasto cuando la masa herbácea es limitada y la carga animal es alta (Schlegel *et al.*, 2000). Una carga animal óptima tiene que ser determinada para poder alcanzar los objetivos de ganancia diaria por animal y por hectárea y un retorno económico adecuado (McCuistion *et al.*, 2007).

## **PRODUCCIÓN DE LECHE**

La fibra es esencial para mantener el buen funcionamiento del rumen y un nivel normal de grasa en la leche en vacas lactantes. Cuando se suministran cereales para aumentar la densidad energética de la ración (sobre 50% de la dieta), la producción de ácidos de la fermentación de los carbohidratos solubles de los cereales sobrepasa la capacidad buffer del rumen, reduciendo el pH, la digestibilidad de la fibra, el porcentaje de la grasa en la leche y el consumo de materia seca (Sarwar *et al.*, 1992).

La síntesis de proteína bacterial es más eficiente, expresado como gramos de N bacterial por kilogramo de materia orgánica digerida, cuando los animales se encuentran solo a pastoreo que cuando se suplementan con concentrado (Bach *et al.*, 1999). El pH del rumen y la concentración de amonio se reducen en proporción al incremento de cereal en la dieta, mientras que los valores de ácidos grasos volátiles, incrementan al aumentar el suministro de cereal. Para prevenir la acidosis y la disminución del crecimiento de los microorganismos celulolíticos del rumen y de la capacidad de fermentación, es recomendable que el nivel de FDN en la dieta esté alrededor de 30% y menor a 30% de almidón, de tal forma que el pH del rumen no baje de 6,0 (Wales *et al.*, 2009).

Un aumento en el contenido de carbohidratos no estructurales (CNE) de la planta conduce a un incremento en el consumo de materia seca digestible y lleva a un aumento en la producción de leche (Miller *et al.*, 2001). El aumento en la producción de leche es alcanzado al mismo tiempo que se da una reducción en la excreción de N en la orina, significando una mejora en la eficiencia de utilización del N de la dieta (Miller *et al.*, 2001).

## CONCLUSIONES

Una exitosa producción animal basada en pastoreo va a depender de distintos riesgos. Del conocimiento que tenga el productor de la calidad de suelo de la finca y del régimen de lluvias en la zona, para adecuar el manejo de potreros a dichas condiciones. De la cantidad de potreros que disponga y del tamaño adecuado de los mismos para lograr una rotación que le permita utilizar los pastos eficientemente, sin olvidar, que cada especie de pasto posee características propias que debe saber manejar. De la cantidad de animales, medida como carga animal, para alcanzar la máxima productividad tanto del potrero como de los animales. Solo después que tenga un dominio de estas variables, recién podrá pensar en la suplementación alimentaria de sus animales. De lo contrario, lo único que lograría sería aumentar los costos de producción.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Araujo-Febres O, Bortolín, E, Losada F, Romero M. 1993. Efecto del nivel de proteína sobre el consumo y la digestibilidad del heno. V Jornadas Científico Técnicas, Facultad de Agronomía. Universidad del Zulia. Rev Fac Agron (LUZ) 10 (Supl. 1): 87 (Resumen).
- Araujo-Febres O, Vergara-López J, Ortega A E, Lachmann M. 2001. Influencia del tiempo de almacenamiento de los bloques multinutricionales sobre el consumo y la digestibilidad del heno en corderos. Arch Latinoam Prod Anim 9: 104-107.
- Bach A, Yoon IK, Stern MD, Jung HG, Chester-Jones H. 1999. Effects of type of carbohydrate supplementation to lush pasture on microbial fermentation in continuous culture. J Dairy Sci 82: 153-160.
- Bhagal A, Nicholson FA, Young I, Sturrock C, Whitmore AP, Chambers BJ. 2011. Effects of recent and accumulated livestock manure carbon additions on soil fertility and quality. European J Soil Sci, Special Issue: Soil Organic Matters 62: 174-181.
- Chamaillé-Jammes S, Bond WJ. 2010. Will global change improve grazing quality of grasslands? A call for a deeper understanding of the effects of shifts from C4 to C3 grasses for large herbivores. Oikos 119: 1857-1861.
- Colditz IG. 2002. Effects of the immune system on metabolism: Implications for production and disease resistance in livestock. Livest Prod Sci 75: 257-268.
- Crowder LV. 1985. Pasture management for optimum ruminant production. In: LR McDowell (ed). Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Academic Press, Inc. Orlando, Fl. 103-128.
- Detmann E, de Queiroz AC, Cecon PR, Zervoudakis JT, Paulino MF, Valadares Filho SC, Cabra LS, Lana RP. 2003. Consumo de fibra em detergente neutro por bovinos em confinamento. Rev Bras Zootec 32 (6) Suplem. 1: 1763-1777.
- Dikeman ME. 2013. Commentary: Increasing productivity, meat yield, and beef quality through genetic selection, management, and technology. Conference paper. Cattlemen's Day, Kansas State University, Manhattan, KS, March 1, 2013. Kansas State University. Agric Exp Sta and Coop Ext Ser 5 pp.<http://krex.k-state.edu/dspace/handle/2097/15359> Visto 20-04-2013
- Brown WF, Adjei MB. 1995. Urea ammoniation effects on the feeding value of guinea grass (*Panicum maximum*) hay. J Anim Sci 73: 3085-3093.
- Forbes JM. 1998. Feeding behaviour. In: Forbes JM (ed) Voluntary feed intake and diet selection in farm animal. CAB International, Oxon (UK). pp. 11-37.

- González D, Quintero Moreno A, Palomares R, Rojas N, Araujo-Febres O, Soto G. 2003. Uso de la *Gliricidia sepium* en la suplementación de mautas mestizas y su efecto sobre el crecimiento y la aparición de la pubertad. *Rev Cient, FCV-LUZ* 13: 45-52.
- Grant RC, Peel MJS, Bezuidenhout H. 2011. Evaluating herbivore management outcomes and associated vegetation impacts, *Koedoe* 53(2), Art. #1008, 15 pages. Doi:10.4102/koedoe.v53i2.1008.
- Guenni O, Camacho F, Seiter S. 2007. Efectos de la cantidad lumínica sobre la anatomía foliar de tres especies del género *Brachiaria* y su relación con la calidad del forraje. *Rev Anales Botánica Agrícola* 14: 7-16.
- Hartley RD, Jones EC. 1978. Effect of aqueous ammonia and other alkalis on the vitro digestibility of barley straw. *J Sci Food Agric* 29: 92.
- Hespell RB, Cotta MA. 1995. Degradation and utilization by *Butyrivibrio fibrisolvens* H17c of xylans with different chemical and physical properties. *Appl Environ Microbiol* 61: 3042-3050.
- Inyang U, Vendramini JMB, Sollenberger LE, Sellers B, Adesogan A, Paiva-Lunpha A. 2010. Forage species and stocking rate effects on animal performance and herbage responses of 'Mulato' and Bahiagrass pastures. *Crop Sci* 50: 1079-1085.
- Letej J. 1985. Relationship between soil physical properties and crop production. *Advances in soil science*. 1: 277-294.
- Lezcano JC. 1999. Las enfermedades en plantas arbóreas de interés para la ganadería. *Pastos y Forrajes* 22: 159-177.
- Liméa L, Boval M, Mandonnet N, Garcia G, Archimède H, Alexandre G. 2009. Growth performance, carcass quality, and noncarcass components of indigenous Caribbean goats under varying nutritional densities. *J Anim Sci* 87: 3770-3781.
- Lippke H. 1980. Forage characteristics related to intake, digestibility and gain by ruminants. *J Anim Sci* 50: 952-961.
- Long SP. 1983. C4 Photosynthesis at low temperatures. *Plant, Cell and Environment* 6: 345-363.
- Ludlow MM, Wilson GL. 1971a. Photosynthesis of tropical pasture plants. I. Illuminance, carbon dioxide concentration, leaf temperature, and leaf-air vapour pressure difference. *Aust J Biol Sci* 24: 449-470.
- Ludlow MM, Wilson GL. 1971b. Photosynthesis of tropical pasture plants. II. Temperature and illuminance history. *Aust J Biol Sci* 24: 1065-1075.
- Ludwig F. 2001. Tree-grass Interactions on an East African Savanna: The effects of competition, facilitation and hydraulic lift. *Tropical Resource Management Papers*. 39, 144 pp.
- Lynch RE, Monson WG, Wiseman BR, Burton WR, Gaines TP. 1986. Relationship of forage quality to developmental parameters of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology* 15: 889-893.
- Mayland HF, Grunes DL. 1979. Soil-climate-plant relationships in the etiology of grass tetany. In: Rendig VV, Grunes DL (ed). *Grass Tetany*. Am Soc Agron, Special Publ. 35, Madison, WI.123-174.
- McCouston KC, McCollum III FT, Greene LW, MacDonald J, Bean B, Van Meter R. 2007. Performance of stocker cattle grazing two sorghum-sudangrass hybrids under various stocking rates. 2007 Beef Cattle Research in Texas. The Agriculture Program. The

Texas A&M University Sys. pp. 139-141. Disponible en: <http://animalscience.tamu.edu/files/2012/04/bcrt-2007.pdf#page=161>.

McDowell LR, Valle G. 2000. Major minerals in forages. In: Givens DI, Owen E, Axford RFE, Omed HME (eds). Forage evaluation in ruminant nutrition. CAB International. Wallingford, Oxon, UK pp 373-397.

McNamara JP. 2012. Symposium: A systems approach to integrating genetics, nutrition, and metabolic efficiency in dairy cattle. *J Anim Sci* 90: 1846-1854.

Miller LA, Moorby JM, Davies DR, Humphreys MO, Scollan ND, MacRae JC, Theodorou MK. 2001. Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass Forage Sci* 56: 383-394.

Millevy P. 1985. Forages for grazing system in warm climates. In: McDowell LR (ed.). Nutrition of grazing ruminants in warm climates. Academic Press, Inc. Orlando, FL. pp: 73-102.

Morgan MS, Beck PA, Hess T, Hubbell III DS, Gadberry MS. 2012. Effects of establishment method and fall stocking rate of wheat pasture on forage mass, forage chemical composition, and performance of growing steers. *J Anim Sci* 90: 3286-3293.

Mutanga O. 2004. Hyperspectral remote sensing of tropical grass quality and quantity. International Institute for Geoinformation Science and Earth Observation (ITC), Dissertation number: 111, Enschede and Wageningen University, The Netherlands, 209 pp.

Ortega-Reyes L, Castillo-Huchima JE, Rivas-Pantoja FA. 2009. Conducta ingestiva de bovinos Cebú adultos en leucaena manejada a dos alturas diferentes. *Téc Pecu Méx* 47: 125-134.

Porter SD, Tschinke WR. 1987. Foraging in *Solenopsisinvicta* (Hymenoptera: Formicidae): Effects of weather and season. *Environmental Entomology* 16: 802-808.

Reid RL, Jung GA, Cox-Ganser JM, Rybeck BF, Townsend EC. 1990. Comparative utilization of warm and cool season forages by cattle, sheep and goats. *J Anim Sci* 68: 2986-2994.

Rodríguez N, Araujo-Febres O, González B, Vergara J. 2002. Efecto de la amonificación con urea sobre los componentes estructurales de la pared celular de heno de *Brachiaria humidicola* (Rendle) Schweick a diferentes edades de corte. *Arch Latinoam Prod Anim* 10: 7-13.

Rojas H, Faría J, Araujo-Febres O, Morillo D, Rincón E. 1995. Efecto de sustitución de alimento concentrado por *Leucaena leucocephala* en la producción de leche durante la época seca. *Rev Argentina Prod Anim* 15 (2): 563 -564.

Sarwar M, Firkins JL, Eastridge ML. 1992. Effects of varying forage and concentrate carbohydrates on nutrient digestibilities and milk production by dairy cows. *J Dairy Sci* 75: 1533-1542.

Schlegel ML, Wachenheim CJ, Benson ME, Black JR, Moline WJ, Ritchie HD, Schwab JD, Rust SR. 2000. Grazing methods and stocking rates for direct-seeded alfalfa pastures: I. Plant productivity and animal performance. *J Anim Sci* 78: 2192-2201.

Souza MA, Detmann E, Paulino MF, Sampaio CB, Lazzarini I, Valadares Filho SC. 2010. Intake, digestibility and rumen dynamics of neutral detergent fibre in cattle fed low-quality tropical forage and supplemented with nitrogen and/or starch. *Trop Anim Health Prod* 42: 1299-1310.

- Stapelberg FH, van Rooyen MW, Bothma J du P. 2008. Seasonal nutrient fluctuation in selected plant species in the Kalahari. *Afric J Range Forage Sci* 25:111-119.
- Stobbs TH. 1975. Factors limiting nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Trop Grass* 9: 141-150.
- Treydte AC, Heitkönig IMA, Prins HHT, Ludwig F. 2007. Trees improve grass quality for herbivores in African savannas. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*. 8: 197-205.
- Van Soest PJ. 1994. *Nutritional ecology of the ruminant*. Comstock Publishing Associates, a division of Cornell University Press. Ithaca, USA. 476 pp.
- Viáfara B, Clavero T, Araujo-Febres O. 1997. PF 14. Efecto del sombreado de samán (*Pithecelobium saman* Jacq. (Benth)) sobre el crecimiento y desarrollo del pasto guinea (*Panicum máximum* Jacq). *Arch Latinoam Prod Anim* 5 (Supl. 1): 39-41.
- Villanueva JF. 2008. Effect of defoliation patterns and developmental morphology on forage productivity and carbohydrate reserves in WW-B. Dahl grass [*Bothriochloa bladhii* (Retz) S.T. Blake]. Dissertation. Texas Tech University. 334 pp.
- Voisin A. 1967. *Dinámica de los pastos*. Editorial Tecnos, Madrid. 452 pp.
- Von Keyserlingk MAG, Rushen J, de Passillé AM, Weary DM. 2009. *Invited review: The welfare of dairy cattle-Key concepts and the role of science*. *J Dairy Sci* 92: 4101-4111.
- Wales WJ, Kolver ES, Egan AR. 2009. Digestion during continuous culture fermentation when replacing perennial ryegrass with barley and steam-flaked corn. *J Dairy Sci* 92:189-196.
- Wilkins RJ. 2000. Forages and their role in animal systems. En: Givens DI, Owen E, Ax-ford RFE, Omed HH. (eds). *Forage Evaluation in Ruminant Nutrition*, CAB International, pp 1-14.
- Zhu XG, Long SP, Ort DR. 2008. What is the maximum efficiency with which photosynthesis can convert solar energy into biomass? *Current Opinion in Biotechnology* 19:153-159.