

Reseña sobre aspectos nutricionales para el desarrollo sostenible de sistemas ganaderos basados en pastos y forrajes tropicales.

Raúl I. Ruiz Pierrugues¹ y Raúl V. Guevara Viera²

¹Centro de Investigaciones para el Mejoramiento Animal de la Ganadería Tropical Avenida 101 No.6214 entre 100 y 62. Loma de Tierra, Cotorro, La Habana. Cuba¹ Correo electrónico: rierp45@gmail.com, ORCID: 0000-0001-2241-6239.

²Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca. Campus Yanuncay, Calle 12 de octubre y Diego de Tapia, Cuenca, Azuay. Correo electrónico del autor para correspondencia: raul.guevara@ucenca.edu.ec, ORCID: 0000-0002-1084-3138

Resumen

El objetivo del artículo es revisar los principales aspectos nutricionales para el desarrollo sostenible de sistemas ganaderos basados en pastos y forrajes tropicales. Se considera el contexto regional y las innovaciones tecnológicas obtenidas en el trópico lo que constituye un reto para productores, técnicos, directivos e investigadores. La aplicación de los conceptos sobre producción animal sostenible y los principios nutricionales para producir leche y carne, permitirá interpretar y manejar los factores biológicos que rigen la sostenibilidad de la producción vacuna en condiciones tropicales. Se enfatiza el potencial y limitantes de los alimentos voluminosos tropicales para vincular los sistemas de producción animal a los recursos disponibles y establecer adecuados sistemas de producción ganadera. Esto permitirá diseñar sistemas de producción basados en el pastoreo, con la utilización de árboles y arbustos forrajeros, cultivos forrajeros, subproductos y residuos agrícolas, para su adecuada complementación y suplementación. La producción de leche por hectárea en modelos intensivos de pastoreo en ambientes tropicales con especies altamente productivas y de alto valor nutritivo, viabilizan estos sistemas con un margen bruto de ganancia superior en hasta 34% con respecto a los sistemas confinados. Los objetivos serán diversificación, integración y autosuficiencia alimentaria, basados en elementos científicos, económicos, sociales y ambientales. Se concluye que a partir del potencial de producción del trópico incrementar la producción actual de leche por hectárea parece una meta factible de alcanzar. Sin embargo, las políticas agrícolas y los factores socioeconómicos, ecológicos y técnicos, deben eliminar la gran diferencia entre las productividades observadas y el potencial de producción.

Palabras clave: nutrición de rumiantes, ganado vacuno, desarrollo sostenible, trópico.

Abstracts

Nutritional aspects for sustainable development of livestock systems based on tropical pastures and fodders

Nutritional aspects of livestock production in concern to sustainable development is under review are reviewed. This represents a meaningful challenge to stockman, technicians, directors and researchers of the area. Application of sustainable animal production concepts and nutritional principles for milk and meat production mediate in the interpretation and management of biological factors that rule sustainable tropical livestock production. Emphasis is on potential and limits of tropical roughages and basic aspects of digestive physiology and metabolism of ruminants in order to increase its alimentary efficiency. This way converges to matching ruminant production systems with available resources and the placement for establishment adequate feeding systems. The goal is to design production systems based on grazing, trees and shrubs for forage, byproducts, farming crops and its

residues, as adequate supplements and complements. Objectives will be diversify, integrate and alimentary self-sufficiency, based on scientific, economic, social and environmental elements. Tropical livestock sustainable production at farm level and its rural and environmental bounds, posse a decisive space where principles for nutrition, feeding, management of animals and plants, could increase productivity, stability, resilience and step up economic feasibility. A sustainable agriculture requirement goes to the development of human resources and not only enterprising and technical items. The importance of a rational use of natural and environment resources and an increase of human capability in order to an agricultural development with sustainable basis is irrecusably.

Keywords: ruminant nutrition, cattle, tropical sustainable development

Introducción

La producción vacuna sostenible en el trópico a nivel de finca y en su entorno rural y medioambiental, posee un espacio crítico donde la aplicación de los principios relacionados con la nutrición, alimentación y manejo de los animales y las plantas, pueden aumentar la productividad, estabilidad y resiliencia e influir en la viabilidad económica (Ruiz, 2017). Las exigencias para una agricultura sostenible pasan esencialmente por el desarrollo de los recursos humanos y no exclusivamente por el desarrollo empresarial y tecnológico.

Se impone un uso racional de los recursos naturales y del medio ambiente y un incremento de las capacidades humanas, que permitan el desarrollo de la agricultura sobre bases sostenibles. El desarrollo sostenible de la producción animal tropical constituye un reto para productores, técnicos, directivos e investigadores (Fernández-Baca, 1992).

En este ámbito, la actualización sobre los conceptos de la ganadería vacuna sostenible es indispensable (Becht, 1974; Altieri, 1995) para elevar el nivel de conocimientos, esencial para aumentar la eficiencia biológica y técnico-económica de la ganadería vacuna (Aquino, 1999). Esto se basa en la importancia de aplicar los principios nutricionales para producir leche y carne e interpretar los factores biológicos que rigen la sostenibilidad de la producción vacuna en condiciones tropicales. (Preston y Leng, 1989; Escobar, 1990).

En este contexto se debe enfatizar en el potencial y limitantes de los alimentos voluminosos tropicales y en aspectos básicos de la fisiología digestiva y del metabolismo de los rumiantes. (Bines, 1979; Chenost y Kayouli, 1997; Ruíz y Vázquez, 1983; Ruíz, 1984). Esto ofrece elementos para manejar el animal en interrelación con su dieta e incrementar la eficiencia de utilización de los recursos alimentarios. De este modo, será posible vincular los sistemas de producción animal a los recursos disponibles y brindar lineamientos para establecer adecuados sistemas de alimentación. (Preston y Leng, 1989).

Estos procedimientos permitirán diseñar sistemas de producción basados en el pastoreo, utilización de cosechas, cultivos, subproductos y residuos agrícolas e integración ganadería/agricultura/silvicultura. Los objetivos de estos proyectos son: diversificación, integración y autosuficiencia alimentaria, basados en principios científicos, económicos, sociales y ambientales, para alcanzar una producción vacuna sostenible en el trópico. (FAO, 1993; Ruíz *et al.*, 2001; Reyes, 2001; Benavides, 2003; Martins *et al.*, 2007; Funes-Monzote, 2008)

El objetivo del artículo es revisar los principales aspectos nutricionales para el desarrollo sostenible de sistemas ganaderos basados en pastos y forrajes tropicales. Se considera el contexto tecnológico regional como un reto para productores, técnicos, directivos e investigadores.

Agricultura Sostenible.

Son múltiples los conceptos y definiciones sobre agricultura sostenible que existen en la actualidad. (Delgado *et al.*, 2002; Steinfeld, 2004). El consenso señala que los sistemas sostenibles tienen el reto de satisfacer las crecientes necesidades de las generaciones presentes, sin comprometer las posibilidades de las futuras, esencialmente en lo relacionado con el uso de los recursos naturales. (FAO, 1992; Delgado *et al.*, 2002)

En este sentido es ilustrativa la antigua sentencia hindú “la tierra no la heredamos de nuestros padres, la pedimos prestada a nuestros hijos.”. Los sistemas sostenibles deben satisfacer siete aspectos fundamentales: 1/ Productividad biológica. 2/ Viabilidad económica. 3/ Estabilidad en el tiempo. 4. /Resiliencia (flexibilidad, adaptación y recuperación). 5/ Ambientalmente amigable. 6/ Equidad social y de género. 7/ Aceptación cultural y religiosa.

Producción animal. Papel de los rumiantes.

Los sistemas de producción animal existentes pueden enmarcarse en:

- Avicultura a gran escala y a nivel de patio.
- Porcicultura en gran escala y a pequeño nivel en fincas integradas.
- Lechería intensiva y de doble propósito.
- Fincas integradas agrícolas y ganaderas.
- Sistemas de pastoreo extensivo y trashumantes

Estos sistemas en primer término, son productores de proteína de origen animal, que desempeñan un papel decisivo en la nutrición y desarrollo humano. Actúan como transformadores de alimentos de origen vegetal en otros de alto valor biológico para el ser humano.

El rumiante se comporta eficientemente con dietas basadas en recursos alimentarios forrajeros, por su capacidad para utilizar la fibra vegetal. Sin embargo, en los países desarrollados, el 57% de los cereales se dedican al consumo animal. (Leng y Preston, 2002). Esta situación indica la injustificada competencia entre los hombres y los animales por el consumo de cereales (Pimentel, 2003)

Reid (1970) al analizar el rol de los rumiantes en el futuro, señaló que los cereales son más eficientemente convertidos en carne por las aves y cerdos que por los rumiantes. En este análisis, la vaca lechera puede ser más eficiente en la producción de proteína para consumo humano, que la gallina ponedora, aun a niveles medios de producción de leche (3600 kg/lactancia).

La producción de carne vacuna es poco favorecida en lo relacionado con la proteína o energía disponible para consumo humano a partir de la energía digestible suministrada al animal. Sin embargo, las necesidades nutritivas para la producción de carne son más sencillas que para la producción de leche, tanto en diversidad de nutrimentos como en cantidades. (Preston y Leng, 1989).

Además, en la producción de carne bovina, es posible utilizar subproductos y residuos agrícolas e industriales de naturaleza fibrosa, nitrógeno no proteico (NNP), pastoreo en áreas marginales no arables (escabrosas, costeras, y de difícil acceso) y recursos de bajo costo que no compiten con el hombre u otros animales en alimentos o tierras arables (Ruíz, 2002; Ruíz y Álvarez, 2007).

Producción vacuna sostenible en el trópico.

La producción bovina en pastoreo, es el sistema predominante en América Latina y la forma más económica de alimentar los rebaños de mediana o baja producción para la producción de leche, carne y ganado de cría (Pérez-Infante, 1977; Pezo, *et al.*, 1992). En este contexto se han desarrollado los Sistemas Sostenibles de Bajos Insumos Externos (LEISA, siglas en inglés) lo que se discute en varias fuentes (LEISA magazines, 2017). Estos sistemas pueden incrementar su eficiencia con la introducción de pastos mejorados, para evolucionar hacia sistemas de doble propósito o integrándose con actividades agrícolas y forestales lo que conceptualmente se denomina como Agroforestería (Funes-Monzote, 2008; EEPF Indio Hatuey, 2016). Aunque en sistemas de lecherías especializadas, es más factible aplicar un mayor grado de intensificación. (Mc. Meekan, 1965; Martins *et al.*, 2007; Ruiz, 2011).

El entendimiento y posible transformación de los sistemas de producción y del agro-negocio lechero, precisa del análisis de sus ambientes internos y externos los que muestran su complejidad, por los múltiples factores que intervienen. (Ruiz *et al.*, 1999). En el estudio de estos factores, se considera a la finca el núcleo del ambiente interno donde se manifiestan las interacciones e interrelaciones entre el suelo, las plantas y los animales, bajo la dirección del hombre. En éste inciden: mano de obra, ordeño y calidad de la leche, reproducción, equipos e implementos y salud animal. En el ambiente externo intervienen: políticas gubernamentales, industrias procesadoras, intermediarios, suministradores y el mercado nacional y extranjero.

La producción vacuna sostenible en el trópico, implica la expresión de los conceptos expuestos sobre agricultura sostenible, sistemas de producción animal y las particularidades productivas de los bovinos en el entorno de las complejidades de los sistemas de producción. (Ruíz y Álvarez, 1997; Martins *et al.*, 2007). Los componentes son:

- Nutrición ecológica.
- Alimentación racional.
- Ordenamiento y manejo de los recursos humanos, naturales, materiales y financieros

En el análisis de los componentes: Nutrición Ecológica y Alimentación Racional, es preciso abordar los principios nutricionales basados en los conocimientos actualizados sobre los conceptos bioquímicos y fisiológicos que rigen la nutrición de rumiantes, aplicados a la práctica zootécnica (Ruíz, 1984; Preston y Leng, 1989). Además, los elementos básicos para un manejo racional del pastoreo, dentro de las múltiples interacciones de la relación suelo-planta-animal-hombre, centro del sistema vacuno.

Recursos alimentarios tropicales.

Las complejidades del manejo nutricional de los rumiantes alimentados con recursos alimentarios tropicales para alcanzar producciones sostenibles de leche y carne, precisa conocer y aplicar racionalmente los principios científicos de la nutrición de rumiantes enunciados en este artículo.

En áreas tropicales estas bases han sido estudiadas y revisadas en los últimos años en animales alimentados con los diversos recursos existentes, en temáticas relacionadas con la digestión y el metabolismo del rumen e intermedio del animal (Preston y Leng, 1989). Los recursos para la alimentación de los rumiantes pueden ser clasificados en:

- Fibrosos: pastos nativos, naturalizados o mejorados, residuos y subproductos agrícolas e industriales.

- No fibrosos: harinas proteicas de origen vegetal y animal, granos, sales minerales, fuentes de NNP, residuos y subproductos agrícolas e industriales

Las gramíneas tropicales, constituyen el principal alimento para más de 3000 millones de bovinos, pequeños rumiantes y otros herbívoros, fuente fundamental de proteína para la población de un gran número de países. (Pérez-Infante, 1977; Minson, 1990; Pezo *et al.*, 1992). Los factores ecológicos, estructura de las pasturas, métodos de manejo y variaciones edáficas y estacionales, son determinantes en la calidad y posibilidades productivas este germoplasma forrajero (Minson y Mc. Leod, 1970; Stobbs, 1976; Pérez-Infante, 1989; Paretas, 1990). Las principales limitaciones señaladas para las gramíneas tropicales son:

- Baja disponibilidad energética (alta fibra y baja digestibilidad).
- Deficiencias de nutrimentos esenciales (principalmente nitrógeno y fósforo).
- Desbalance de nutrimentos (poca energía glucogénica).
- Bajo consumo.

Consumo voluntario.

La productividad de los rumiantes en pastoreo está principalmente limitada por la cantidad de alimentos que puedan consumir voluntariamente y las eficiencias de la digestión y el metabolismo (Arnold, 1970). Por este motivo, la conversión de los nutrimentos del pasto en comestibles por el hombre, dependerá de la magnitud del consumo voluntario y sus limitaciones reducirán la eficiencia global de la transformación alimentaria en productos animales, elementos esenciales para la sostenibilidad bovina (Reid, 1970).

La regulación del apetito por el animal se efectúa mediante la integración de los estímulos en el Sistema Nervioso Central (SNC), convertidos en señales que accionan en los receptores y sistemas específicos de detección (Anand y Brobeck, 1953). Las señales, de orden metabólico o sensorial, actuarán coordinadamente mediante un complejo sistema de naturaleza nerviosa, con una subestructura de reflejos, facilitada o inhibida por centros en el encéfalo (Brobeck, 1957), ubicadas en dos áreas del hipotálamo:

- Hipotálamo ventral medio, Centro de la Saciedad.
- Hipotálamo lateral, Centro del Hambre y por separado, el Centro de la Rumia.

Los factores que intervienen en la regulación del consumo voluntario inherentes al animal (intrínsecos), se vinculan a la digestión y capacidad del tracto digestivo (factores físicos) o por otro lado, a la utilización de los productos de la digestión (factores metabólicos) (Baumgardt, 1970; Bines, 1979). Esto implica la relación con la digestibilidad del alimento en el primer caso (Conrad *et al.*, 1964) o con la densidad energética de la ración en las causales metabólicas (Baumgardt, 1970).

El consumo voluntario del rumiante está limitado por factores de índole física cuando el alimento tiene una digestibilidad de la materia seca inferior al 65% (Conrad *et al.*, 1964) o una concentración de energía digestible por debajo de 10,8 MJ/kg MS (Baumgardt 1970).

En este rango se encuentran los pastos y forrajes tropicales determinado en gran medida por su tenor fibroso, capacidad del retículo-rumen (lastre fibroso) y tiempo de estancia del alimento en el rumen (tiempo de retención), inverso de la velocidad de pasaje. El contenido digestivo será reducido por ruptura, absorción y por el paso de las fracciones remanentes hacia las partes posteriores del tracto digestivo. En este proceso, el contenido de paredes celulares y de lignina en el forraje, la rumia y la velocidad de pasaje, para la evacuación del

órgano, son los factores que dominan la regulación física del consumo voluntario de forrajes.

El llenado del tracto digestivo, por la distensión rumino-abdominal, actúa como señal reguladora que una vez integrada por el hipotálamo, determinará la cantidad de lastre fibroso que puede retenerse. Este lastre fibroso dependerá del peso vivo y estado fisiológico del animal (Ruíz y Menchaca, 1990) y al variar el estado fisiológico del animal y sus requerimientos nutricionales, el consumo se ajustaría a las nuevas necesidades (Baumgardt, 1970).

El consumo potencial de materia seca podría ser estimado a partir de la capacidad del lastre fibroso del animal (edad, peso, estado fisiológico) y el tenor fibroso del recurso forrajero. (Ruíz y Menchaca, 1990). El consumo voluntario de los forrajes es el criterio más preciso de su valor nutritivo, por ser una medida de la velocidad de digestión de la celulosa, dependiente de la lignificación de la planta (Minson, 1990). Los constituyentes de la pared celular vegetal (celulosa, hemicelulosa, lignina, compuestos nitrogenados lignificados y proteína ligada a la fibra) limitan el consumo cuando exceden el 60% de la MS del forraje (Conrad *et al.*, 1964), lo que sucede en la mayoría de las gramíneas tropicales, al ocupar un espacio en el rumen por un mayor tiempo que las fracciones más rápidamente digeribles (Thornton y Minson, 1972).

Entre los factores no determinados por el animal (extrínsecos) se consideran los relacionados con el pasto y sus características químico-estructurales y con el medio externo en sus consecuencias climáticas, donde se adicionan otros factores relacionados con el hombre o con el ambiente, sin implicaciones climáticas. (Ruíz y Vázquez, 1983). En las leguminosas tropicales, las evidencias disponibles muestran una situación diferente, ya que a pesar de tener similar cantidad de lignina que las gramíneas, se digieren más rápidamente y permanecen menos tiempo en el rumen (Thornton y Minson, 1973). Estos autores han sugerido que la mayor densidad de empaquetamiento de las leguminosas en el rumen, condiciona un menor tiempo de retención en el órgano y mayor consumo.

El consumo de los recursos alimentarios tropicales disminuye cuando el contenido mineral de la planta está por debajo de los niveles mínimos aceptables. Para el nitrógeno esto ocurre cuando su nivel es inferior al 1% de la MS del forraje, donde su deficiencia crea una carencia primaria de amoníaco para los microorganismos del rumen, que afecta su actividad y en consecuencia el consumo. (Leng, 1990). Aunque resultados más recientes apoyan el concepto de que la proteína degradable en el rumen es la principal limitante para la producción de proteína microbiana en pastos tropicales, donde el llenado del rumen es inferior en los pastos naturales, relacionado con bajos niveles de nitrógeno en el contenido ruminal y en plasma. (Panjaitan *et al.*, 2010). Esto es frecuente en sistemas de bajos insumos externos, basados en gramíneas naturales o naturalizadas, sin fertilización, poca inversión en rotación de potreros y complementación, ninguna suplementación. (Ruiz, 2010; 2011) o en raciones basadas en forraje de caña de azúcar sin una adecuada complementación y suplementación (Ruíz, 2012).

El pastoreo

El pastoreo es el encuentro armonioso y mutuamente beneficioso entre el animal y la hierba, donde el manejo racional del pasto es sinónimo de buen manejo (Voisin, 1963a), a partir de las características del pastizal (Voisin, 1963b) y necesidades del animal unido a la prioritaria protección del suelo. (Voisin, 1964). A partir de los anteriores principios, el máximo consumo

y producción se obtendrán vinculando, el mejor animal, al pasto idóneo en el momento adecuado, a partir de los siguientes elementos:

- Utilizar el pasto en el momento óptimo y de acuerdo al requerimiento animal.
- Pastorear en los mejores momentos y condiciones ambientales del día.
- Suplementar de acuerdo con el balance de nutrimentos que el animal requiere.

Ruíz y Vázquez (1983) señalan que, en pastoreo existen interrelaciones entre la planta y el animal, que pueden alterar cuantitativamente el orden e importancia de algunos factores de variación, donde los principales que rigen el consumo del animal en pastoreo son:

- Disponibilidad y accesibilidad de hojas.
- Posibilidades de selección.
- Velocidad de consumo.
- Tamaño del bocado.
- Velocidad de digestión.
- Evacuación ruminal.
- Suplementación.
- Efectos del ambiente climático.
- Otros efectos bióticos y abióticos.

El animal en pastoreo realiza una comida general, en un plano horizontal y una comida específica o selectiva en un plano vertical, lo que es el resultado del instinto y la experiencia. (Jensen, 2004). El componente ingestión, de la conducta animal en pastoreo, integrada por: búsqueda, prensión, masticación somera y deglución, se orienta a la defoliación de los estratos superiores y más densos del césped (Stobbs, 1976). Por este motivo, la hierba seleccionada por los rumiantes tiene mayor contenido de proteína y otros nutrimentos digestibles y menor nivel de fibra que la planta entera. (Stobbs, 1973a; Ruiz *et al.*, 1981).

En todos los casos las hojas son más nutritivas que los tallos verdes o secos lo que son ingeridos en menor cuantía, rechazando el material senescente. (Minson y Laredo, 1972), por un mayor tiempo de retención en el rumen (Laredo y Minson, 1973). En consecuencia, el consumo voluntario y el valor nutritivo estarán afectados por la cantidad de especies disponibles y por la selección que realiza el animal. La relación del complejo planta con el complejo animal, durante el pastoreo, hace evidente la imposibilidad de comprender uno, sin entender el otro. (Stobbs, 1975; Ruíz y Vázquez, 1983).

Stobbs (1976) señala que el consumo de materia seca se puede incrementar produciendo un césped de alta densidad con bajo contenido de tallos y alta relación hojas/altura, mediante la selección de pastos hojosos, la fertilización y el manejo del pastoreo.

En el complejo animal es necesario responder ¿Qué come un animal que pasta? ¿Cuánto puede comer? ¿Qué factores rigen la selección? El rumiante en pastoreo dispone de un rango amplio de alimento potencial, en forma de especies vegetales, con hojas verdes o maduras, tallos, semillas e inflorescencias. Las características físicas, químicas y nutricionales son particulares y además con diferentes densidades y accesibilidades físicas, donde el animal ejerce un alto grado de selección, en función del nivel de hojas disponibles y accesibles. Si éstas se restringen, la selectividad será baja y lo contrario al incrementar la disponibilidad, entonces la selectividad dependerá del nivel de satisfacción de los requerimientos y del llenado ruminal.

Stobbs (1975) señaló que, en condiciones de pastoreo, el consumo voluntario (C) es una función del tiempo gastado en cosechar el alimento (T) y la velocidad de cosecha, que se descompone en velocidad de masticación (M) y tamaño del bocado (B), donde: $C = T \times M \times B$. En las distintas condiciones de pastoreo, los animales tratarán de cubrir sus requerimientos, el tiempo de pastoreo (T) se hará corto cuando hay abundancia y calidad en el pasto, con un máximo de 9 horas. En pastos abundantes pero maduros, el tiempo de pastoreo se prolonga a 11 horas y entre 7 y 8 horas en los pastos jóvenes de países templados (Voisin, 1957). Los límites de fatiga del animal se alcanzan cuando pasta alrededor de 12 horas, aunque en condiciones de extrema escasez, pueden alcanzar 13 horas de pastoreo (Stobbs, 1977).

La velocidad de consumo o de masticación (M) indica la facilidad con que el animal cosecha el pasto. Los pastos tiernos muestran una disminución de la velocidad de masticación al transcurrir el pastoreo, por la mayor facilidad de cosecha y satisfacerse más rápidamente los requerimientos nutricionales del animal (Stobbs, 1977). El componente más importante de la conducta en pastoreo con respecto al consumo, es el tamaño del bocado (B), expresado en g/bocado. Este influye directamente en el tiempo de pastoreo (T) y en la velocidad de consumo o de masticación (M). Cuando B es pequeño, menos de 0.3 g de MO/bocado, el animal necesita mayor cantidad de mordiscos en el mismo tiempo, o más probable, tendrá que aumentar T para consumir el pasto requerido. (Stobbs, 1973a).

El tamaño del bocado para pastos tropicales jóvenes, promedia 0.34 g de MO/bocado, reduciéndose a 0.17 en pastos maduros contra 0.43 g de MO/bocado en pastos templados. (Stobbs, 1973a). Existen variaciones por tipo, categoría y raza del animal y por sobre todo por las características del pastizal: rendimiento de hojas, edad de rebrote, densidad, accesibilidad y su distribución vertical. (Stobbs, 1973b). Las hojas disponibles y accesibles son el factor individual de mayor influencia, manifestándose en la disminución del tamaño del bocado, con el tiempo de ocupación del cuartón, al dificultarse la defoliación selectiva que realiza el animal. De igual modo la edad de rebrote y especie de pasto, interaccionan para un tamaño de bocado óptimo (Stobbs, 1973b).

La vaca lechera realiza dos grandes comidas diarias, que coinciden con la salida y puesta del sol, horas frescas y agradables (Voisin, 1957). El tiempo y distribución diaria del pastoreo, está también influenciado por la radiación solar y la temperatura, en el trópico alrededor del 50% es nocturno y el resto en los horarios más frescos del día (West, 2003). La existencia de árboles en el pastizal favorece el pastoreo diurno, ya que los animales aprovechan la sombra y el confort que producen los árboles para pastar (Murgueitio et al., 2006).

Los gastos energéticos al cosechar la hierba se incrementan a medida que aumenta el tiempo de pastoreo. Los pastizales de baja calidad, cuartones muy grandes, largas distancias entre las áreas de pastoreo y los lugares de ordeño y abrevadero, aumentan el gasto energético y reducen la energía disponible para la producción. Este aspecto puede agravarse en áreas de relieve ondulado o topografía escabrosa (Stobbs, 1977).

La información cuantitativa sobre el consumo de animales en pastoreo en el trópico es escasa, más acentuada si nos remitimos a vacas lactantes (Vicente-Chandler (1976) estimó consumos en base seca del 3,0% del peso vivo, para lactancias de 4 800 kg en 305 días. Pérez Infante (1986) en numerosos ensayos experimentales con vacas Holstein en pastizales con 400 kg de N/ha/año y regadío, estimó consumos en base seca entre 2,6 y 2,8% del peso vivo.

Ruiz *et al.* (1981), en vacas lactantes en pastoreo intensivo de bermuda cruzada-1 (*C.dactylon* *vc. coast-cross*) fertilizado e irrigado con alta calidad con o sin suplementación con concentrado, calcularon en los animales de ambos tratamientos similares consumos de materia seca, superiores o muy cercanos en base seca al 3% del peso vivo y 150 g/kg PV^{0.75} /día. Estas cifras les permitieron calcular que los animales consumieron 11.64 kg de hojas/día y utilizaron el 93,9% de las hojas disponibles y 3,80 kg de tallos, 95.3% de los disponibles. El material verde en su totalidad (hojas + tallos) fue utilizado al 95,3% y los tallos al 21,3%, el material senescente sólo fue utilizado el 11,9%.

Esto muestra claramente el patrón de selección del animal al utilizar un pastizal tropical con alta calidad. (Ruiz *et al.*, 1981). La utilización de estratos superiores (por encima de 20 cm) de este pasto tropical, próxima al 94%, es similar a obtenida con pastos templados. Esta información sugiere que en un buen pasto tropical con un manejo del animal que permita su encuentro con un césped idóneo, los estratos superiores pueden ser comparables en calidad y utilización a las gramíneas de los países templados y obtener altas producciones de leche.

El corolario es que el manejo racional del pastoreo, aplicando los principios nutricionales expuestos y con los métodos y técnicas adecuadas, debe ofrecer un pasto idóneo: denso, pocos tallos y abundantes hojas en los estratos superiores del césped, para alcanzar adecuadas producciones de leche.

En países tropicales el concepto de utilización debe ser manejado de modo diferente, dado por la heterogeneidad del césped y los consiguientes patrones de selección del animal en pastoreo. En países templados se considera que no hay incrementos en el consumo ni en la producción animal cuando se ofrece más de 20 kg MS/vaca/día. Sin embargo, en condiciones tropicales cuando la disponibilidad del pasto es menor de 30 kg de MS del material verde, la producción de leche declina rápidamente (Stobbs, 1975).

En estas condiciones el animal tiene dificultad para obtener el tamaño óptimo del bocado y lograr el máximo consumo de pastos (Stobbs, 1973a). Aunque los altos rendimientos dificultan, por igual la cosecha del alimento, la insuficiencia en un caso y la inaccesibilidad en otro, pueden restringir el consumo del pasto en estados jóvenes o tardíos de crecimiento, aunque hay un estado óptimo de rebrote para cada especie de pasto (Stobbs, 1973b).

En los pastizales tropicales para incrementar la producción láctea la utilización total no debe ser alta, pues debe mantenerse una correspondiente disponibilidad de un material hojoso y accesible al animal. En diferentes pruebas realizadas en Cuba con vacas lactantes en pastoreo la utilización total media fluctúa del 40 al 60%, cuando se obtienen buenos resultados (Martínez, 1978; Martínez *et al.*, 1980; Pérez Infante, 1986).

Consideraciones finales.

La primera aplicación del conocimiento al desarrollo humano que marcó una época, fue la Revolución de la Agricultura en los siglos XVII y XVIII, logrando una actividad establecida y capaz de organizar sobre ella a la sociedad. En la actualidad el conocimiento se continúa aplicando a la tierra, instrumentos, productos, pero sobre todo se aplica al conocimiento mismo, porque el recurso humano se ubica como principio, medio y fin de los cambios. Desde el punto de vista económico, el recurso humano adquiere gran relevancia, ya que se torna el factor productivo esencial de la competitividad y de la sociedad del futuro.

La sociedad del conocimiento, de la cultura general e integral, basada en el recurso humano calificado, categoriza a los países por su capital de trabajo creativo, con espacios laborales priorizados para los analistas simbólicos, capaces de generar y transferir conocimientos a actividades económicas específicas, como la agricultura. Con el conocimiento como elemento central, la educación representa la piedra angular de la competitividad de empresas, economías y sociedades, donde educación y cooperación son factores democráticos y niveladores.

Educación, capacitación e información, pueden transformar cualitativamente la agricultura. Las exigencias para una agricultura sostenible pasan esencialmente por el desarrollo de los recursos humanos y no exclusivamente por el desarrollo empresarial y tecnológico. Se impone un uso racional de los recursos naturales y del medio ambiente y un incremento de las capacidades humanas, que permitan el desarrollo de la agricultura sobre bases sostenibles.

Agradecimientos

Los autores agradecen la información brindada por diferentes investigadores de América latina y otros continentes, mediante el envío de artículos científicos y también a las personas que laboran en las bibliotecas visitadas de Institutos de Investigación y Universidades en modo presencial y virtual para recopilar la información relevante al trabajo.

Conflicto de intereses

No hubo conflictos de intereses entre los autores que redactaron este artículo de revisión, ni con los autores que brindaron información para complementar el artículo.

Referencias bibliográficas

1. Aquino, C.E. (1999). Retos y oportunidades de la agricultura de las Américas, iniciando el siglo XXI. Memorias IV Foro Iberoamericano de Agricultura. Ministerio de la Agricultura, Ciudad de La Habana, Cuba.
2. Altieri, M. (1995). Agroecology. The Science of Sustainable Agriculture. West-View Press, Boulder, USA.
3. Anand, B.K. and Brobeck, J.R. (1953). Hypothalamic control of feed intake in rat and cats. Yale. Biol. Med. 21:123.
4. Arnold, G.W. (1970). Regulation of Food Intake in Grazing Ruminants. In Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant (Ed. A. T. Phillipson). Oriel Press, Newcastle upon Tyne
5. Baumgardt, B.R. (1970). Control of feed intake and energy balance. In Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant (Ed. A. T. Phillipson). Oriel Press, Newcastle upon Tyne.
6. Becht, G. (1974). Systems theory, the key to holism and reductionism. Bioscience 24:10 p. 59. 1974.
7. Benavides, J.(2003). Árboles y Arbustos forrajeros: Una alternativa para la sostenibilidad en la ganadería. Curso Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Memorias del Taller p. 157-174. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Ministerio de la Agricultura. La Habana, Cuba.
8. Bines, J.A. (1979). Voluntary food intake. En Feeding Strategies for the High Yielding Dairy Cow (Ed. W H Broster and H Swan) Granada Publishing, London. UK.

9. Brobeck, J.R. (1957). Neural control of hunger, appetite and satiety. *Yale. Biol. Med. USA.* 29:565.
10. Chenost, M. and Kayouli, C. (1997). Roughage utilization in warm climates. *Animal Production and Health. Paper 135, FAO, Rome.*
11. Conrad, H.R., Pratt, A.D. & Hibbs, J.W. (1964). Regulation of food intake in dairy cows. 1. Change in importance of physical and physiological factors with increasing digestibility. *J. Dairy Sci.* 47:54.
12. Delgado, C.L.; Rosegrant, M.W.; Meijer, S. (2002). *Livestock to 2020. The Revolution Continues.* In World Brahman Congress, Rockhampton, Australia. 2002.
13. Escobar, A. (1990). Novedades en los sistemas de alimentación del ganado productor de leche en América Latina y el Caribe. *Consulta de Expertos sobre Alimentación del Ganado para la Producción Lechera Sostenible. Item 6. FAO, Kingston, Jamaica.*
14. Estación Experimental de Pastos y Forrajes (EEPF) Indio Hatuey. (2016). *Los árboles multipropósitos en los sistemas agroforestales pecuarios.* Editora EEPF Indio Hatuey. ISBN 978-959-7138-26-6. 52 p. Matanzas, Cuba.
15. FAO. (1992). *Comité de Seguridad Alimentaria Mundial. Criterios para la vigilancia del acceso a los alimentos y de la seguridad alimentaria familiar.* Roma.
16. FAO. (1993). *La diversidad de la naturaleza: un patrimonio valioso. Día Mundial de la Alimentación.* FAO, Roma, Italia.
17. Fernández-Baca, S. (1992). *Avances en la producción de leche y carne en el Trópico Americano,* FAO Santiago de Chile, Chile.
18. Funes-Monzote, F. (2008). *Farming like we're here to stay. The mixed farming alternative for Cuba. Ph.D Thesis Wageningen University. The Netherlands.* 211p.
19. Guevara, R., Ruiz, R. y García-Vila, R. (2003). *Pastoreo Racional Voisin para la Producción Bovina Sostenible. Monografía.* ISBN: 959-16-0195-6. Centro de Gestión de Información. Universidad de Camagüey, Cuba.

20. LEISA. (2017). *Low external inputs systems of Agriculture.*
21. Leng, R.A. (1990). Factors affecting the utilization of poor quality forages by ruminants animals particularly under tropical conditions. *Nutrition Research Reviews* 3:227.
22. Leng, R.A and Preston T.R. (2002). General diagnosis and tendencies in relationships with livestock production and environment. *Livestock Research for Rural Development* 14:5.
23. Martínez, R. O. (1978). *Racionalización del uso de los concentrados para la producción lechera en vacas en pastoreo. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.*
24. Martínez, R.O., Ruiz, R. y Herrera, R. S. (1980). Producción de leche con vacas en pasto bermuda cruzada No. 1 (*Cynodon dactylon*). 1. Diferentes niveles de suplementación con concentrados. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 14:221.
25. Martins, P.C. Diniz, F.H., Moreira, M. S. P., Netto, V. N Arcuri, P. B. (2007). *Conocimientos y estrategias tecnológicas para la producción de leche en regiones tropicales. EMBRAPA Gado de Leite. Juiz de Fora, MG, 472p* ISBN 978-85-85748-89-0.
26. Mc. Meekan, C.P. (1965). *Del pasto a la leche.* Editorial Hemisferio Sur, Montevideo. Uruguay.
27. Minson, D. (1972). *Forage in Ruminant Nutrition.*
28. Minson, D. (1973). *The voluntary intake, digestibility and retention time by sheep.*
29. Minson, D. J. (1990). *Forage in ruminant nutrition.* Academic Press. New York. USA.

30. Minson, D.J. & McLeod, M.V. (1970). The digestibility of temperate and tropical grasses. Proc. XI Int. Grassld. Congr., Queensland. P: 719.
31. Murgueitio, E., Cuellar, P., Ibrahim, M., Cuartas, J.C., Naranjo, J.T., Zapata, A., Zuluaga, A. & Casasola, F. (2006). Adopción de sistemas agroforestales pecuarios. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible. Matanzas, Cuba.
32. Panjaitan, T., Quigley, S. P., McLennan, S. R., Swain, T. Poppi, D. P. (2010). Intake, retention time in the rumen and microbial protein production of *Bos indicus* steers consuming grasses varying in crude protein content. *Animal Production Science*. 50, 444–448.
33. Paretas, J.J. (1990). Ecosistemas y Regionalización de Pastos en Cuba. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. La Habana, Cuba 133 p.
34. Pérez-Infante, F. (1986). Algunos factores que afectan la producción de vacas lecheras en pastoreo. Tesis Doctor en Ciencias Veterinarias. Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba.
35. Pezo, D, Romero F e Ibrahim M. (1992). Producción, manejo y utilización de los pastos tropicales para la producción de leche y carne, p. 47-98. En: Avances en la producción de leche y carne en el trópico americano (Ed. S. Fernández-Baca) FAO, Santiago de Chile.
36. Pimentel, D. (2003). Producción animal insumos energéticos y el ambiente Curso Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Módulo II p. 79-88. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba.
37. Preston, T.R. y Leng, R A. (1989). Ajustando los sistemas de producción pecuarios a los recursos disponibles. CONDRIT, Cali, Colombia 245 p.
38. Reid, R.L.(1970).The future role of ruminants. En: Physiology of Digestion and Metabolism in the Ruminant (Ed. A.T. Phillipson) Oriel Press, Newcastle upon Tyne. UK.
39. Reyes, E. (2001). Experiencia en la formulación y ejecución de proyectos de desarrollo ganaderos en América Latina. Livestock Policy Discussion Paper No.5 FAO, Roma, 72 p.
40. Ruiz, R. (1984). Bioquímica Nutricional. Fisiología Digestiva y Metabolismo Intermedio. ENSPES, Ministerio de Educación Superior, La Habana, Cuba (2 tomos).
41. Ruiz, R. (2002). Manejo nutricional de los recursos alimentarios en regiones tropicales para la producción bovina sostenible. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes y Fundación PRODUCE-OAXACA. 10 páginas. Oaxaca, México.
42. Ruiz, R. (2017). Estrategias para el desarrollo sostenible de la producción vacuna en el trópico. Reseña de aspectos nutricionales Ciencia y Tecnología Ganadera Vol. 11 No. 1, p.
43. Ruiz, R. y Vázquez, C.M. (1983). Consumo de pastos tropicales. En: Los Pastos en Cuba, Tomo 2. Utilización EDICA, La Habana, Cuba.
44. Ruiz, R. Álvarez, A. Ponce, P. (1999). Outstanding characteristics of milk production in Cuba Caratéristiques de la filiere laitiere. Atelier sur les perspectives de developpement de la production laitiere en region chaude. (L. Letenneur e J.F.Renard, editeurs). Rapport # 99-041.Exposé des participants. p. 19-24. CIRADEMVT, Montpellier, France.
45. Ruiz, R; Cairo, J G; Martínez, R O y Herrera, R S. (1981). Producción de leche con vacas en pasto bermuda cruzada No. 1 (*Cynodon dactylon* Pers). II. Estructura del césped y potencial productivo. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas* 15: 129.

46. Ruiz, R. y Menchaca, M. (1990). Modelos matemáticos del consumo voluntario en rumiantes. 2. Principios y método para estimar el consumo potencial de materia seca de los pastos y forrajes tropicales. *Revista Cubana Ciencias Agrícolas* 24:51.
47. Ruiz, R., Monzote, M., Álvarez, A., Valdés, L.R. y Funes-Monzote, F. (2001). *Producción Bovina Tropical Sostenible*. Conferencias – Curso de Posgrado. IIPF, La Habana, Cuba.
48. Ruiz, R. y Álvarez, A. (2007). Análisis nutricional de sistemas sostenibles para bovinos en el trópico *Memorias III Simposio Internacional sobre Ganadería Agroecológica (SIGA 2007)* p. 31 Sancti Spíritus, Cuba.
49. Ruiz, R. (2010). Metanálisis sobre la producción de leche por hectárea basada en pastos y forrajes en Cuba. II Taller de Informática y Bioestadística aplicada a las Ciencias Agropecuarias. *Aplicaciones de la Estadística Matemática en Investigación, Innovación y Extensión*. IB-40 p. 333-334. III Congreso de Producción Animal Tropical. La Habana, Cuba.
50. Ruiz, R. (2011). Producción de leche basada en pastos y forrajes tropicales. *Reseña. Ciencia y Tecnología Ganadera* 5:1, p. 1-21.
51. Ruiz, R. (2012). Realidades y perspectivas del forraje de caña de azúcar en la alimentación del ganado vacuno. *Reseña. Ciencia y Tecnología Ganadera*. 6:3 p. 123-146.
52. Steinfeld, A. (2004). The livestock revolution. A global veterinary mission. *Veterinary Parasitology*. 125. 19-41.
53. Stobbs, T. H. (1973a). The effect of plant structure on the intake of tropical pastures 1. Variation in the bite size of grazing cattle. *Aust. J. Agric. Res.* 24:809.
54. Stobbs, T. H. (1973b). The effect of plant structure on the intake of tropical pastures 2. Differences in sward structure, nutritive value and bite size of animal grazing *Setaria anceps* and *Chloris gayana* at various stages of growth. *Aust. J. Agric. Res.* 24~821.
55. Stobbs, T. H. (1975). Factors limiting the nutritional value of grazed tropical pastures for beef and milk production. *Trop. Grassld* 9:151.
56. Stobbs, T.H. (1976). Milk production per cow and per hectare from tropical pastures. En: *Seminario Internacional de Ganadería Tropical*. FIRA, Acapulco, México.
57. Stobbs, T. H. (1977). Short-term effects of herbage allowance on milk production, milk composition and grazing time of cow grazing nitrogen-fertilized tropical grass pastures. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 17: 892137.
58. Thornton, R F and Minson, D J. (1972). The relationship between voluntary intake and mean apparent retention time in the rumen. *Aust. J. agric. Res.* 23:871.
59. Thornton, R F and Minson, D J. (1973). The relationship between mean apparent retention time in the rumen, voluntary intake and apparent digestibility of legumes and grass diets in sheep. *Aust. J. agric. Res* 24:889.
60. Vicente-Chandler, J. (1976). Meat and milk production from intensively managed tropical grasslands in Puerto Rico. *Sem. Int. Ganadería Tropical*. FIRA, Acapulco, México p. 221.
61. Vilela, D. y Resende, J.C. (2004). *Sistemas de produção de leite em clima tropical* Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG, Brasil. 23 p.
62. Vicente-Chandler, J. (1976). Meat and milk production from intensively managed tropical grasslands in Puerto Rico. *Sem. Int. Ganadería Tropical*. FIRA, Acapulco, México p. 221.
63. Voisin, A. (1963a). *Productividad de la Hierba*. Editorial Tecno S.A., Madrid, España.
64. Voisin, A. (1963b). *Dinámica de los pastos*. Editorial Tecno S.A., Madrid, España.
65. Voisin, A. (1964). Influencia del suelo sobre el animal a través de la planta. *Ciclo de conferencias*. Imprenta de la Universidad de La Habana, Cuba.

66. West. J. (2003). Effect of heat stress on production in dairy cattle. J. Dairy Sci. 86. p 2131-2144.

Recibido: 13 de marzo de 2021

Publicado: 18 de mayo de 2021