

Instituto de Ciencia Animal: fifty years of scientific research at the service of beef production in Cuba

El Instituto de Ciencia Animal, cincuenta años de investigaciones científicas al servicio de la producción de carne bovina en Cuba

Duniesky Rodríguez

Instituto de Ciencia Animal

Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Email: durodriguez@ica.co.cu

This study presents the main scientific results of beef production, obtained in the Instituto de Ciencia Animal, mainly related to the use of grasses, forages and agro-industrial residues, as sources of animal food. The essential elements for a good development of feeding systems are reported. This research also states the knowledge related to stocking rate, grazing methods, supplementation level, and other indicators that allow to optimize each fattening system, with possibilities of obtaining gains near to the kilogram liveweight per day in systems in which the use of oleaginous seeds and cereals only contribute to complement nutritional deficiencies.

Key words: *feeding, management, fattening, bovine*

INTRODUCTION

The use of grasses and forages for bovine feeding is essential for meat production in Cuba because the characteristics of the digestive system of these animals allow them to use feeds with high fiber levels. Under these conditions, the use of supplementation is aimed to complement grass deficiencies, with the objective of optimizing each feeding system and achieve higher meat productions per surface unit.

One of the important aspects of the developed researches in meat production has been the use of by-products of sugar industry. As the main economical activity in Cuba during the 70's and 80's of the last century, sugar production generated a large amount of by-products that contributed to the development of animal production.

Out of the results of these researches, the Instituto de Ciencia Animal developed different technologies of national and international renown, specifically in the Latin American area. Knowledge and developed techniques in this field were implemented in different productive areas, not only in Cuba but also in tropical areas. Due to the importance of studies about this subject, a gathering of the main results was carried out, with the objective of spreading the work of the Instituto de Ciencia Animal, aiming to the improvement of beef production.

Se recopilan los principales resultados científicos obtenidos por el Instituto de Ciencia Animal en la producción de carne vacuna, relacionados fundamentalmente con la utilización de pastos y forrajes y residuos agroindustriales, como fuentes de alimentación animal. Se informan los elementos esenciales para el buen desempeño de los sistemas de alimentación. Se refieren además conocimientos relacionados con la carga animal, métodos de pastoreo, nivel de suplementación, y otros indicadores que permiten optimizar cada sistema de ceba, con posibilidades de obtener ganancias cercanas al kilogramo de peso vivo diario en sistemas en los que el uso de cereales y semillas oleaginosas solo contribuye a complementar las deficiencias nutricionales.

Palabras clave: *alimentación, manejo, ceba, bovinos*

INTRODUCCIÓN

El consumo de pastos y forrajes en la alimentación bovina es imprescindible para la producción de carne en Cuba, debido a que las características del sistema digestivo de estos animales les permite utilizar alimentos con altos niveles de fibra. En estas circunstancias, el uso de la suplementación se dirige a complementar las deficiencias que presentan los pastos, con la finalidad de optimizar cada sistema de alimentación y lograr mayores producciones de carne por unidad de superficie.

En las investigaciones desarrolladas en torno a la producción de carne, uno de los aspectos de mayor interés ha sido el uso de los subproductos de la industria azucarera. Como principal actividad económica en Cuba durante las décadas del sesenta al ochenta del siglo pasado, la producción de azúcar generó abundante cantidad de subproductos que contribuyeron al desarrollo de la producción animal.

A partir de los resultados de estas investigaciones, el Instituto de Ciencia Animal desarrolló diversas tecnologías de reconocido prestigio nacional e internacional, específicamente en el área latinoamericana. Los conocimientos y las técnicas desarrolladas en este ámbito se implementaron en diversas áreas productivas, no solo en Cuba sino también en la región tropical. Por la importancia de los estudios realizados en esta temática, se realizó la recopilación de los principales resultados obtenidos, con el propósito de divulgar el quehacer del Instituto de Ciencia Animal, en lo que respecta a los estudios dirigidos al mejoramiento de la producción de carne bovina.

MOLASSES IN BEEF PRODUCTION LAS MIELES EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE BOVINA

Studies for the exploitation of agro-industrial residues in bovine feeding started with the creation of the Instituto de Ciencia Animal. By-products of sugar industry were, during this stage, an endless source for the development of researches on animal nutrition.

Sugar cane molasses, like the raw matter that originates it, has a great availability of sugars and low protein content so researchers started to work on supplementation with non-protein sources of nitrogen. Urea, specifically, reached percentages of 9 % of molasses inclusion, which helped to achieve weight gains near a kilogram of liveweight per day (Preston *et al.* 1967).

The first studies in this scientific field demonstrated that animals fed with concentrated or fresh forage, when urea molasses was provided, decreased the intake of this supplement. Therefore, in order to increase the intake, it was necessary to limit the access to other food sources so the energy from the molasses could represent between 70 and 80 % of the animal requirements and constitute the main feeding source. However, once the sugar molasses became the main food source of the diets, it was necessary to research on the alternatives for offering a fiber source to counteract the negative effects of the use of this by-product, as the only food source, can cause to animal health.

Several researches were developed in order to determine the optimal level of forage of these feeding systems. *Ad libitum* supply of forage, up to 1.5, 2.5, 3.5 and 4.5 % of animal liveweight, was tested. It was determined, as the most proper value, the inclusion of 1.5 %, avoiding the substitution effect of the food (Elías *et al.* 1967 and Martin *et al.* 1968).

A variant for feeding systems based on molasses-urea was the use of restricted grazing, in which the animals have access to grass for 1.5 h, twice a day (Morciego *et al.* 1970). This can be a way of diminishing costs of feeding systems due to the decrease of the use laborwork and agricultural machinery.

Using a diet based on molasses and restricted forage, these diet components, although they provide almost 90 % of the total metabolizable energy, do not provide more than 30 % of total N, so it was necessary to add a true protein source for fulfilling this deficiency.

The system of intensive fattening with high levels of molasses-urea requires limited amounts of supplementary protein (Elías *et al.* 1968). Therefore, Preston (1969) recommended the use from 400 to 500 g/d/bull of fish meal, while Muñoz *et al.* (1970) reported the use of 360 g/d/bull of this protein source, under commercial fattening conditions. Other protein

Con la creación del Instituto de Ciencia Animal comenzaron los estudios para el aprovechamiento de los residuos agroindustriales en la alimentación bovina. Los subproductos de la industria azucarera constituyeron en esta etapa una fuente inagotable para el desarrollo de las investigaciones en el ámbito de la nutrición animal.

La melaza de caña de azúcar, al igual que la fuente de materia prima que le da origen, tiene gran disponibilidad de azúcares y bajo contenido proteico, por lo que se comenzó a trabajar en la suplementación a partir de fuentes no proteicas de nitrógeno. Específicamente la urea, llegó hasta porcentajes de 9 % de inclusión en la miel, con lo que se obtuvieron ganancias de peso cercanas al kilogramo de peso vivo por día. (Preston *et al.* 1967).

Los primeros estudios realizados en este ámbito científico demostraron que los animales alimentados con forraje fresco o concentrado, cuando se les suministró la miel con urea, realizaron bajos consumos de este suplemento, por lo que para aumentarlo era necesario limitar el acceso a otras fuentes de alimento, con el propósito de que la energía proveniente de la miel pudiera representar entre 70 y 80 % de los requerimientos del animal y que constituyera la principal fuente de alimentación. Sin embargo, una vez que la melaza de caña se convirtió en la principal fuente de alimento de la dieta, fue necesario investigar alternativas de oferta de una fuente fibrosa que lograra contrarrestar las afectaciones que puede causar en la salud del animal el uso de este subproducto como fuente única de alimento.

Varias investigaciones se desarrollaron con el objetivo de determinar el nivel óptimo de forraje en estos sistemas de alimentación. Se ensayó el suministro *ad libitum* de forraje, hasta 1.5, 2.5, 3.5 y 4.5 % del peso vivo del animal. Se determinó como valor más adecuado la inclusión de 1.5 %, evitándose así el efecto sustitutivo del alimento (Elías *et al.* 1967 y Martin *et al.* 1968).

Una variante de los sistemas de alimentación basados en miel-urea fue el uso del pastoreo restringido, en el que los animales tienen acceso al pasto durante períodos de 1.5 h, dos veces al día (Morciego *et al.* 1970). Esta puede ser una vía para disminuir los costos de los sistemas de alimentación por la disminución del uso de mano de obra y de maquinaria agrícola.

Cuando se usa una dieta basada en melaza, conjuntamente con forraje restringido, esos componentes de la dieta, aunque aportan casi 90% del total de la energía metabolizable, no proporcionan, más del 30% del N total, por lo que fue necesario suministrar una fuente de proteína verdadera que complementara esta deficiencia.

En el sistema de ceba intensiva con altos niveles de melaza-urea requieren cantidades limitadas de proteína suplementaria (Elías *et al.* 1968). Así, Preston (1969) recomendó el uso de 400 a 500 g/d/toro de harina de pescado, mientras que Muñoz *et al.* (1970) informaron la utilización de 360 g/d/toro de esta fuente proteica en

sources were studied because this protein source is relatively expensive and scarcely available in markets.

It is important to point out that before the development of these studies, sugar cane molasses was only used as animal supplement. Regarding the studies developed by the institute, researches started to use it as the main food source in cattle systems from Cuba, so it represented a new fattening method using liquid diets. With this technology, more than 10,000 bulls were fattened under commercial conditions.

Preston and Muñoz (1971) began to study torula yeast supply and determined that the optimal supply of this protein source was around 700 g/d, which allows to obtain a proper productive performance.

Molina and Preston (1975) evaluated the use of fish meal and encapsulated methionine, as well as their combination as protein supplement for animals consuming molasses urea. These authors found an increase in daily gain, which increased the offering of fish meal. This was much related to its high biological value and to the need of supplying by-passing true protein to degradation of ruminal microorganisms.

Cereal supply as starch sources were also studied because sucrose is the main source of carbohydrates in molasses. Elías and Delgado (1976) evaluated a semi-integral diet with molasses-urea, using four combinations of maize and wheat in supplementation, and obtained weight gains between 840 and 1000 g/d, without differences among treatments. These authors demonstrated that true protein from these food sources may represent 6 % of it, and maintain a proper productive performance.

These studies and some others carried out in Cuba and in different countries, allowed to establish and encourage the use of molasses as food source for ruminants. This is a current aspect because allows the feeding systems with molasses-urea to obtain liveweight gains between 800 and 900 g/animal/d.

condiciones de cebo comercial. El hecho de que esta resulte relativamente cara y de escasa disponibilidad en los mercados, justificó el estudio de otras fuentes de proteína.

Es importante señalar que antes del desarrollo de estos estudios, la melaza de caña solo se utilizaba como suplemento animal. A partir de las investigaciones desarrolladas por el Instituto, se comenzó a utilizar como fuente principal de alimento para los sistemas ganaderos de Cuba. Representó así una nueva modalidad de cebo a partir de las dietas líquidas. Con esta tecnología se cebaron más de 10 000 toros en condiciones comerciales.

Preston y Muñoz (1971) iniciaron el estudio del suministro de levadura torula y determinaron que el suministro óptimo de esta fuente proteica estuvo aproximadamente en los 700 g/d, lo que permite obtener adecuado comportamiento productivo.

Molina y Preston (1975) evaluaron el uso de harina de pescado y metionina encapsulada, así como su combinación como suplemento proteico en animales que consumían melaza-urea. Estos autores encontraron incremento de la ganancia en la medida que aumentó la oferta de harina de pescado, lo que estuvo muy relacionado con su alto valor biológico y la necesidad de suministrar proteína verdadera sobrepasante a la degradación de los microorganismos del rumen.

También fue objeto de estudio el suministro de cereales como fuente de almidón, ya que la sacarosa es la principal fuente de carbohidratos en la melaza. Elías y Delgado (1976) evaluaron una dieta semi-integral de melaza-urea, en la que utilizaron cuatro combinaciones de maíz y trigo en la suplementación, y obtuvieron ganancias de peso entre 840 y 1000 g/d, sin diferencias entre tratamientos. Estos autores lograron demostrar que la proteína verdadera a partir de estas fuentes de alimento podía representar 6 % de la misma y mantener adecuado comportamiento productivo.

Estos estudios, y otros realizados en Cuba y en distintos países, permitieron establecer e impulsar el uso de la melaza como fuente de alimento en la dieta de los rumiantes, aspecto de gran vigencia en la actualidad, que permite que los sistemas de alimentación con melaza-urea obtengan ganancias de peso vivo entre 800 y 900 g/animal/d.

SUGAR CANE STRAW AND BAGASSE PITH IN MEAT PRODUCTION BAGACILLO Y PAJA DE CAÑA EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE

Another by-product from sugar industry, evaluated for its use in cattle nutrition, is sugar cane bagasse pith. It shows low protein level and high fiber content of low digestibility, which limits its intake. However, with a proper supplementation, it can be used as diet complement and contribute to the productive development of animal husbandry.

Martin and Elías (1978) evaluated three protein sources (fish meal, torula yeast and soybean meal) and two NPN: TP (80:20 and 60:40). There was no effect on productive performance due to the protein

Otro subproducto de la industria azucarera evaluado para su uso en la nutrición bovina es el bagacillo de caña. Este presenta bajo nivel proteico y elevado contenido de fibra de baja digestibilidad que limita su consumo. Sin embargo, suplementado adecuadamente se puede usar como complemento de las dietas y contribuir al desarrollo productivo de la ganadería.

Martin y Elías (1978) evaluaron tres fuentes de proteína, harina de pescado, levadura torula y harina de soya, y dos relaciones NNP:PV, 80:20 y 60:40. No constataron efecto en el comportamiento productivo, debido a la fuente de

source used, but there was a response to the relation of protein used, in favor of the lowest use of NNP. This supports the need of using nitrogen in this fiber sources for the functioning of ruminal micro-flora as well as other nutrients by-passing degradation of ruminal bacteria.

Sugar cane straw, obtained as a result of manual or mechanical cut in gathering centers, also represents a source of food that, although it has a low nutritional value, can be used for animal feeding.

Hanke and Martin (1983) worked with sugar cane straw, predigested or not with sodium hydroxide at 4 %, in integral diets. This represented 53 % of the diet, apart from the fact that animals fed with treated straw achieved gains superior to 1 kg of liveweight. There were also favorable results, of more than 900 g, with untreated straw, which demonstrates the beneficial effect of physical grinding in materials with high amount of fiber. Besides, chemical treatment can be avoided because it is expensive and can contaminate the environment.

Among the alternatives to increase digestibility of residues from gathering centers, Stuart (1988) and Stuart and Fundora (1994) used ammonium because a part of it becomes ammonia salts of organic acids that can be used as a nitrogen source by the ruminal micro-flora (Ortiz and Stuart 1983), and, consequently, help to synthesize proteins.

These studies allowed to develop an exploitation technology in gathering centers of the country, which consisted on moving cattle during food scarcity seasons, which coincides with residue generation.

proteína utilizada, pero sí hubo respuesta a la relación de proteína utilizada a favor de la menor utilización de NNP. Esto avala la necesidad de utilizar en estas fuentes fibrosas no solo nitrógeno para el funcionamiento de la microflora ruminal, sino también nutrientes sobrepasantes a la degradación de las bacterias ruminales.

La paja de caña que se obtiene como resultado del corte manual o mecanizado en los centros de acopio también representa otra fuente de alimento voluminoso que, aunque de bajo valor nutritivo, puede usarse en la alimentación animal.

Hanke y Martin (1983) trabajaron con la paja de caña predigerida o no con hidróxido de sodio al 4 %, en dietas integrales. Esta representó 53 % de la dieta, independientemente de que los animales alimentados con la paja tratada lograron ganancias superiores a 1 kg de peso vivo. También se obtuvieron resultados favorables, de más de 900 g con la paja sin tratar, lo que demuestra el efecto beneficioso del molinado físico en los materiales con alto nivel de fibra; además, se puede prescindir del tratamiento químico que es costoso y puede resultar contaminante para el ambiente.

Entre las alternativas para incrementar la digestibilidad de los residuos de centros de acopio, Stuart (1988) y Stuart y Fundora (1994) utilizaron el amoníaco, ya que una parte de este se transforma en sales de amonio de ácidos orgánicos que pueden ser utilizados como fuente nitrogenada por la microflora ruminal (Ortiz y Stuart 1983), y ayudar así a la síntesis de proteína.

Estos estudios permitieron desarrollar una tecnología de explotación para los centros de acopio del país, que consistió en trasladar los vacunos durante la época de escasez de alimento, etapa que coincide con la generación de residuos.

MEAT PRODUCTION IN GRAMINEOUS GRAZING PRODUCCIÓN DE CARNE EN PASTOREO DE GRAMÍNEAS

Due to the characteristics of the digestive system of ruminants, pastures and, mainly, grasses, play an important role as essential food source. Due to the competence for the use of grains for feeding, specifically regarding ruminants, it has been necessary to research and optimize meat production systems based on grasses, in order to produce with higher efficiency. In addition, new varieties are introduced, which were necessary to study for its use in cattle rearing.

The stocking rate was another important aspect because it directly related to productivity generated in a cattle rearing area (Delgado and Alfonso 1974). In a system of pangola grass, without irrigation and with fertilization, stocking rates of 3.5 and 5 animals/ha were used, with systems of rotational grazing of four and ten paddocks. These results showed a decrease of the daily gain per animal, possibly due to the decrease of the capacity to select more nutritive grasses due

Por las características del sistema digestivo de los rumiantes, los pastos y, principalmente, las gramíneas, desempeñan una función importante como principal fuente de alimento. Debido a la competencia que existe por el uso de los granos en la alimentación, específicamente con respecto a los rumiantes, ha sido necesario investigar y optimizar los sistemas de producción de carne basados en pastos para lograr producir con mayor eficiencia. A ello se une la introducción de nuevas variedades que era necesario estudiar para su utilización en la ganadería.

La carga animal fue uno de los aspectos que más interés despertó, ya que se relaciona directamente con la productividad que puede generar un área ganadera (Delgado y Alfonso 1974). En un sistema de pasto pangola, sin riego, y con fertilización, se utilizaron cargas de 3.5 y 5 animales/ha, con sistemas de pastoreo rotacional de cuatro y diez cuarteles. Estos resultados mostraron disminución de la ganancia diaria por animal, posiblemente por la depreciación de la capacidad para seleccionar los pastos

to the increase of the stocking rate. Likewise, they also allowed to increase meat production per hectare, while the stocking rate increased, from 3.5 to 5.0 bulls/ha. Therefore, it should be interpreted that, under these conditions, grass yield was enough to support the stocking rate. Valdés *et al.* (1981), after fertilizing star grass with 100 kg of N per hectare, demonstrated a decrease of individual gain and gain per surface unit.

The studies carried out also demonstrated a marked seasonal growth, related to rains and DM availability during rainy season. Later, the effect of a protein source during dry season was evaluated, because nutritional quality of grass decreases during this period.

Delgado *et al.* (1975) supplemented four sources of true protein with molasses-urea (fish meal, soy bean, sunflower and cotton), under pangola grazing during dry season and a stocking rate of 4 animals/ha. Supplement contained 32 % of CP and 72 % of NNP. This demonstrated again the importance of using foods by-passing ruminal degradation and their advantages for productive performance.

Researches continued with the evaluation of new alternatives. Delgado *et al.* (1979) used four combinations of poultry manure and sunflower in a supplement for obtaining liveweight gains of 500g/d in pangola grass during dry season. These authors found that, while poultry manure increased, productive performance decreased. However, it was maintained at a 50:50 relation. This result allowed the inclusion of alternative food sources for those producers whose resources and availability limit the acquisition of by-passing protein sources.

Cited authors also demonstrated that, during dry season, the use of NPN has an important function for supplementing the requirements of ruminal microorganisms with protein deficiencies of grass. They obtained good productive results with the use of molasses-urea at 10 %. Nevertheless, during rainy season, this supplement decreased productive performance regarding molasses-urea at 6 %, because the increase of grass protein value provokes an excessive intake of urea, which affects efficiency use of energy, used for excreting the excess of ammonium through urea (Delgado *et al.* 2002).

Molasses-urea was also evaluated as a supplement in the meat production systems in grazing. However, as it is not the main food source, urea percentage in molasses increased at 12 %, as a way of limiting the intake, related to the addition of 150 g of fish meal. This technique produces the same beneficial effects on productive performance as a supplement composed by 45 % of maize, and gains higher than 600 g/d are obtained (Delgado *et al.* 1980a).

The use of different grazing systems in animal production also contributed to the increase of their

más nutritivos por el aumento de la carga. A su vez también permitieron aumentar la producción de carne por hectárea, en la medida que se incrementó la densidad de carga, de 3.5 a 5.0 toros/ha. Por tanto, se debe interpretar que en estas condiciones el rendimiento de los pastos fue suficiente para mantener la carga animal. Valdés *et al.* (1981), cuando fertilizaron el pasto estrella con 100 kg de nitrógeno por ha, comprobaron disminución de la ganancia individual y la ganancia por unidad de superficie.

En los estudios realizados también se comprobó marcado crecimiento estacional, relacionado con las lluvias y la disponibilidad de MS durante la estación lluviosa. Posteriormente se evaluó el efecto de la utilización de una fuente de proteína durante la época seca, ya que en este período la calidad nutricional del pasto disminuye.

Delgado *et al.* (1975), en pastoreo de pangola durante la época seca y una carga de 4 animales/ha, suplementaron cuatro fuentes de proteína verdadera con melaza-urea (harina de pescado, soya, girasol y algodón). El suplemento tenía 32 % de PB y 72 % era NNP. No hubo diferencias en el comportamiento productivo para la fuente de proteína, pero sí se observaron diferencias con respecto al control, que recibió solo NNP. Esto corroboró una vez más la importancia de la utilización de alimentos sobrepasantes a la degradación ruminal y sus ventajas para el comportamiento productivo.

Las investigaciones continuaron con la evaluación de nuevas alternativas. Delgado *et al.* (1979), en pasto pangola, durante la época seca, utilizaron cuatro combinaciones de gallinaza y girasol, en un suplemento para obtener ganancias de peso de 500g/d. Estos autores encontraron que, en la medida que aumentaba la gallinaza disminuía el comportamiento productivo. Sin embargo, se logró mantener el mismo hasta una relación 50:50. Este resultado permitió la inclusión de fuentes alternativas de alimentos para aquellos productores cuyos recursos y disponibilidad limiten la adquisición de fuentes de proteína sobrepasante.

Los autores citados demostraron además, que durante la época de seca el uso de NNP desempeña una función importante para suplementar los requerimientos de los microorganismos ruminales ante las deficiencias proteicas del pasto. Obtuvieron buenos resultados productivos con el uso de la melaza-urea al 10 %. No obstante, durante la época lluviosa este suplemento disminuyó el comportamiento productivo con respecto a la melaza-urea al 6 %, pues al aumentar el valor proteico del pasto se produce consumo excesivo de urea que afecta la eficiencia de utilización de la energía que se debe utilizar para excretar el exceso de amoníaco vía urea (Delgado *et al.* 2002).

La melaza-urea también se evaluó como suplemento a los sistemas de producción de carne en pastoreo. Sin embargo, como aquí no es la principal fuente de alimento, el porcentaje de urea en la melaza se incrementó al 12 %, como vía para limitar el consumo, unido a la adición de 150 g de harina de pescado. Esta técnica produce los mismos efectos beneficiosos en el comportamiento productivo que un suplemento compuesto por 45 %

productivity. Valdés *et al.* (1981) used two grazing systems (continuous and rotational) with four paddocks and a stocking rate of three, four and five animals per hectare, in a Coast cross Bermuda grass. A stocking rate higher than three animals provoked a decrease of gain per area, and decreased the animal response during both seasons of the year. The beneficial effect of continuous grazing, regarding the rotational, laid on the possibility of accessing to the tender regrowths of grass. However, while the stocking rate increased in the continuous grazing, the level of weeds increased, compared to the rotational one, which can represent higher overgrazing of the area while the stocking rate increased.

Delgado *et al.* (1980b) evaluated the grazing system of leaders and followers, and demonstrated its beneficial effect regarding the traditional grazing method, specifically in the aspects of animal performance and parasites of the animals.

Using natural pastures without irrigation or fertilization, Feria *et al.* (2002) evaluated three grazing methods: rational intensive rotational, traditional rotational and continuous grazing. These authors demonstrated that the rational intensive rotational grazing maintained a stocking rate superior to 2.73 animals/ha, regarding the 1.95 achieved by the other grazing systems, due to the proper use of the "jumping art" and the changes of paddock occupation days according to the season. Besides, a gain of more than 500 g/d/animal was maintained.

Martin and Ruiz (1986) evaluated the effect of grazing time on productive performance in a pangola grassland with a stocking rate of 1.8 animals/ha. Animals had 6 and 8 h of daily grazing, 18 h of evening-night grazing and all-day grazing. In all these treatments, forage availability was enough, so it is recommended evening-night grazing system because it reached the best productive results, which could be related to the highest energy value of grass and to differences between day and night temperatures under Cuban climatic conditions. Night temperatures should be closer to the best comfort range of animals.

The previously mentioned researches were generated during growth stages. Nevertheless, Valdés and Castillo (1993) designed a grazing system based on grasses, in order to implement the entire beef production cycle with animals that began with 130 kg of liveweight and ended with 405 kg, during a fattening-growth period of 18 months. This technological proposal consisted on restricting 25 % of the grazing area during rainy season, and fertilize it for producing silage that could be offered to animals during dry season, together with a supplement of molasses-urea at 10 %. This system favored the development of fattening-growing stages within the same grazing area with the use of a stocking rate

de maíz, y se obtienen ganancias superiores a 600 g/d (Delgado *et al.* 1980a).

El uso de diferentes sistemas de pastoreo en la producción animal también contribuyó a incrementar la productividad de estos sistemas. Valdés *et al.* (1981) utilizaron dos sistemas de pastoreo, continuo y rotacional, con cuatro cuartones y carga animal de tres, cuatro y cinco animales por hectárea en un pastoreo de bermuda cruzada. La carga superior a tres animales provocaron disminución de la ganancia por área, y disminuyeron la respuesta animal en ambas épocas del año. El efecto beneficioso del pastoreo continuo con respecto al rotacional se adjudicó a la posibilidad de acceder a los rebrotes más tiernos del pasto. Sin embargo, en la medida que se incrementó la carga en el continuo, el nivel de plantas indeseables en el pastoreo aumentó con respecto al rotacional, lo que puede ser muestra de mayor sobrepastoreo del área según se incrementó la carga.

Delgado *et al.* (1980b) evaluaron el sistema de pastoreo de punteros y continuadores, y demostraron el efecto beneficioso de este con respecto al método de pastoreo tradicional, específicamente en lo que se refiere al comportamiento productivo y la infestación por parásitos de los animales.

Con el uso de pastos naturales, sin riego ni fertilización, Feria *et al.* (2002) evaluaron tres métodos de pastoreo: rotacional intensivo racional, rotacional tradicional y continuo. Estos autores demostraron que con el pastoreo rotacional intensivo racional, al utilizar adecuadamente el arte de saltar y al flexibilizar los días de ocupación de los potreros según la época del año, se mantuvo una carga animal superior a 2.73 animales/ha, con respecto al 1.95 logrado con los otros sistemas de pastoreo. Además, se logró mantener ganancia de más de 500 g/d/animal.

Martin y Ruiz (1986) evaluaron el efecto del tiempo de pastoreo en el comportamiento productivo en un pastizal de pangola con carga de 1.8 animales/ha. Los animales se sometieron a 6 y 8 h de pastoreo diurno, 18 h de pastoreo vespertino-nocturno y pastoreo todo el día. En todos los tratamientos, la disponibilidad de forraje fue suficiente, por lo que al no ser este el factor limitante se recomienda el sistema de pastoreo vespertino-nocturno, que alcanzó los mejores resultados productivos, aspecto que debe estar relacionado con el mayor valor energético del pasto y con las diferencias entre la temperatura diurna y nocturna en nuestras condiciones. Esta última debe estar más cercana al mejor rango de confort de los animales.

Las investigaciones antes referidas se generaron por etapas de crecimiento. Sin embargo, Valdés y Castillo (1993) diseñaron un sistema de pastoreo basado en gramíneas para ejecutar todo el ciclo de producción de carne bovina con animales que entraron con 130 kg de peso vivo y terminaron con 405 kg en un periodo de crecimiento ceba de 18 meses. Esta propuesta tecnológica consistió en restringir 25 % del área de pastoreo durante la lluvia y fertilizarla para producir ensilaje, que sería ofertado a los animales durante el período seco, conjuntamente con un suplemento de

according to the grassland yield, which allowed grazing segregation during rainy season in order to fulfill the food deficit during dry season.

The high fiber level and the low protein level that influence on the cellulolytic bacterial population are aspects that contribute to the low yield of grazing systems during dry season. One of the alternatives for solving this nitrogen deficit has been the preparation of diets that include some sources of true protein, as well as high levels of non-protein nitrogen (NPN) in order to meet the protein requirements. However, in cattle feeding, a self-regulation of the voluntary intake of traditional supplements has economical and practical interest.

An important step for the study of supplementation was the evaluation of different components as intake regulators. Valdés *et al.* (1984) evaluated different levels of sodium chloride and its combination with ammonium sulfate. These studies can be considered as pioneers in the creation of ruminal activator supplements and the studies of Jordán *et al.* (2005) were very important. These authors obtained gains between 900 and 1100 g/d, in grazing and with stocking rates of 3 and 5 animals per hectare.

melaza-urea al 10 %. Este sistema posibilitó el desarrollo de las etapas de crecimiento-ceba en la misma área de pastoreo, con la utilización de una carga animal según el rendimiento del pastizal que permitió la segregación del pastoreo en la época lluviosa para complementar el alimento deficitario durante la seca.

En los sistemas de pastoreo uno de los aspectos que contribuye al bajo rendimiento durante la época de seca, es el alto nivel de fibra y el bajo nivel proteico que incide en la población bacteriana celulolítica. Una de las alternativas en la solución de este déficit de nitrógeno ha sido la preparación de dietas que incluyen algunas fuentes de proteína verdadera, así como elevados niveles de nitrógeno no proteico (NNP) para satisfacer los requerimientos de proteína. Sin embargo, en la alimentación de nuestra masa bovina, es de interés práctico y económico lograr que los animales efectúen una autorregulación del consumo voluntario de los suplementos que se emplean tradicionalmente.

Un paso importante para el trabajo de la suplementación fue la evaluación de diferentes componentes como reguladores del consumo. Valdés *et al.* (1984) evaluaron diferentes niveles de cloruro de sodio y su combinación con sulfato de amonio. Estos estudios se pueden considerar como pioneros en la creación de suplementos activadores del rumen y tuvieron su mayor exponente en los trabajos de Jordán *et al.* (2005). Estos autores obtuvieron, en pastoreo de gramíneas y cargas de 3 y 5 animales por hectárea, ganancias entre 900 y 1100 g/d.

MEAT PRODUCTION IN SILVOPASTORAL SYSTEMS PRODUCCIÓN DE CARNE EN SISTEMAS SILVOPASTORILES

Due to the scarcity of fertilizers and their high prices, the association of legumes with grasses was researched, in order to search initially for nitrogen fertilization of the area, thanks to the ability of legumes to fix nitrogen on the soil. Likewise, it was also needed an increase of the grass nutritional value and a food of higher protein value, like legume leaves. Their protein level can be higher than 20 %, which is very necessary in feeding systems with tropical grasses that, many times, have no more than 7 % of crude protein.

Castillo *et al.* (1989) took the first steps for the inclusion of leucaena in 30 % of a grazing area with guinea grass cv. Likoni. This way, the beneficial effect of including leucaena on grazing areas was verified. After analyzing the health of animals, the weight of thyroid was not affected, and it was lower than that reported in literature. Gradually, steps were taken for increasing the amount of leucaena in grazing, and confirm its effect on animal production. Castillo *et al.* (1992) increased the inclusion level of leucaena in 50% of the area and used a stocking rate of two and three animals per hectare.

During the dry period, there were no differences in the productive performance with the stocking rate of two animals/ha, whether leucaena was in 30 or 50% of

Debido a la escasez de fertilizantes en determinados momentos, y a los altos precios que estos pueden presentar, se investigó la asociación de leguminosas en el pastoreo de gramíneas, con el propósito de buscar inicialmente una fertilización nitrogenada del área, dada por la capacidad de las leguminosas para fijar nitrógeno en el suelo. Se perseguía a su vez, incrementar el valor nutricional del pasto base y lograr un alimento de mayor valor proteico, como son las hojas de las leguminosas. En ellas el nivel de proteína puede superar el 20 %, muy necesario en los sistemas de alimentación con pastos tropicales que, en múltiples ocasiones, no sobrepasa el 7 % de proteína bruta.

Castillo *et al.* (1989) dieron los primeros pasos con la inclusión de la leucaena en 30 % del área de pastoreo de guinea Likoni. Se verificó así el efecto beneficioso de la inclusión de la leucaena en las áreas de pastoreo. Al analizar la salud de los animales, se determinó que no hubo afectaciones en el peso de la tiroide, que fue menor al informado en la literatura. Poco a poco se dieron pasos para incrementar el nivel de leucaena en el pastoreo, y constatar así los efectos en la producción animal. Castillo *et al.* (1992) incrementaron el nivel de inclusión de leucaena en 50 % del área y utilizaron carga de dos y tres animales por hectárea.

En la evaluación durante el período seco no hubo diferencias en el comportamiento productivo con la carga de dos animales/ha, independientemente de que la leucaena

the area. However, after the stocking rate was increased up to 3 animals, there was a decrease in the productive performance, related to the deficit of food for meeting the animal requirements.

Nevertheless, this system obtained the highest liveweight gain/ha/year because gains during the rainy period were over 600 g in all the treatments, using a stocking rate of three animals in 50 % of the area. This evidences the possibilities of this system, considering the need of complementing voluminous food for minimizing the deficit of the grazing area during dry season.

Later, leucaena was increased up to 100% of the grazing area. After comparing it with the area occupied up to 30%, there was an increase of the productive performance of animals, mainly during dry season, when the area with 100% of leucaena surpassed in 150 g/d to that of 30%. So, total liveweight obtained in the year was higher within the same grazing area. The presence of leucaena in the entire area allowed a higher availability of food of better quality, and all the grazing area was benefited with the fixation of nitrogen (Castillo *et al.* 2000). After analyzing these facts, there was an evaluation of the productive performance of different animal breeds and different supplementation sources.

Castillo *et al.* (2002) used bulls in the system of leucaena associated to star grass, with a stocking rate of three animals/ha, and reported higher gains in rainy season than in dry season (900 vs. 700 g/animal/d). Díaz *et al.* (2008a) used a stocking rate of two animals per hectare and Zebu bulls and obtained gains of 700 g/d. However, the supplement used in both studies, belonging to an activator of ruminal fermentation, did not affect the productive performance. This evidenced that, for these feeding systems where protein is not a limiting factor, an energy source in supplementation is needed.

Although leucaena was beneficial for grass yield, rains affected the amount of food. Therefore, biomass banks associated to silvopastoral systems were introduced in the system. Weight gains of 610 g/d were obtained in the silvopastoral system during rainy season. During dry season, 518 g/d of weight gain was obtained with silvopastoral system and CT-115 (Díaz *et al.* 2009).

The improvement in the animal breeding value influenced positively on the exploitation efficiency of silvopastoral systems because the gains were higher than 900 g/d with Charolais cattle, which was supplemented with 2 kg of an energy supplement that allowed to make a good use of the protein value of grass (Díaz *et al.* 2008b).

estuviera en 30 o 50 % del área. Sin embargo, cuando la carga se incremento a 3 animales, hubo disminución del comportamiento productivo, asociado al déficit de alimento para cubrir los requerimientos de los animales.

No obstante, como las ganancias durante el período de lluvia se comportaron por encima de 600 g en todos los tratamientos, al utilizar carga de tres animales en el 50 % del área, se obtuvo en este sistema mayor ganancia de peso vivo/ha/año. Esto evidencia las posibilidades de este sistema, siempre y cuando se considere la necesidad de complementar algún alimento voluminoso durante la época de seca para minimizar el déficit que presenta el área de pastoreo.

Posteriormente, la leucaena en el pastoreo se incrementó hasta alcanzar 100 % del área. Al comparar con el área ocupada hasta 30 %, se constató incremento del comportamiento productivo de los animales, fundamentalmente en la época de seca, cuando el área que tuvo 100 % de leucaena superó en 150 g/d al área de 30 %. Se incrementó así el peso vivo total obtenido en el año para la misma área de pastoreo. La presencia de leucaena en toda el área permitió mayor disponibilidad de alimento de mejor calidad, y al fijar el nitrógeno se benefició toda el área de pastoreo (Castillo *et al.* 2000). Una vez realizadas estas determinaciones, se evaluó el comportamiento productivo de diferentes razas de animales y de diversas fuentes de suplementación.

Castillo *et al.* (2002), con la utilización de toros en el sistema leucaena con pasto estrella, y carga de tres animales/ha, informaron las ganancias superiores obtenidas en la época lluviosa con respecto a la seca (900 vs 700 g/animal/d). Díaz *et al.* (2008a), al utilizar una carga de dos animales por hectárea y toros cebú, obtuvieron ganancias de 700 g/d. Sin embargo, el suplemento que se utilizó en ambos trabajos, correspondiente a un activador de la fermentación ruminal, no provocó alteraciones en el comportamiento productivo. Esto evidenció que para estos sistemas de alimentación, donde la proteína no es limitante, se necesita una fuente energética en la suplementación.

Aunque fue beneficiosa la leucaena en el rendimiento de los pastos, la estacionalidad de las lluvias provocó déficit de alimento, por lo que se introdujeron en el sistema los bancos de biomasa asociados a los sistemas silvopastoriles. Se obtuvieron así ganancias de peso en el silvopastoreo durante la época lluviosa de 610 g/d y en la época poco lluviosa, con silvopastoreo y CT-115, de 518 g/d (Díaz *et al.* 2009).

La mejora del valor genético de los animales influyó de manera positiva en la eficiencia de explotación de los sistemas silvopastoriles, ya que se incrementó la ganancia a más de 900g/d con el ganado Charolais, que se suplementó con 2 kg de un suplemento energético que permitió aprovechar el valor proteico del pasto (Díaz *et al.* 2008b).

MEAT PRODUCTION IN SYSTEMS OF CREEPING LEGUMES PRODUCCIÓN DE CARNE EN SISTEMAS DE LEGUMINOSAS RASTRERAS

The grazing systems in which growth stage for fattening animals is developed have inserted creeping legumes in grazing. The objective is to achieve the same beneficial effect as with shrub legumes.

These associations have been mainly carried out in grazing areas of tropical pastures, because they have the lowest nutritional value. Castillo *et al.* (2003) used a supplement that activates ruminal function during rainy season, and supplemented with final molasses or urea-molasses at 3 % during dry season, in a grazing of natural pastures and associated with creeping legumes, and with a stocking rate of three animals/ha. However, although gains were around 600 g/d, there were no differences with the supplement or without it in both systems. This suggests that the nutritional quality of these grasses do not demand nitrogen supplementation for complementing protein and energy requirements of the rumen. Maybe the energy source to use for supplementation should be more directed to by pass feeds, regarding the molasses that is all degraded in the rumen.

Díaz *et al.* (2005) increased the gain up to 800 g/d with the use of Zebu animals in the system, but they did not obtain a response to supplementation. Using Charolais males, which have superior breeding value, weight gain increased up to 855 g/d, without the use of supplementation (Díaz *et al.* 2009).

The previously mentioned allowed to develop a production technology that can be applied to growing males and replacement females, oriented to the development of cattle rearing.

En sistemas de pastoreo en los que se desarrolla la etapa de crecimiento para los animales de ceba, se ha utilizado la inserción de leguminosas rastreras en pastoreo de gramíneas, con el propósito de lograr el mismo efecto beneficioso que se genera con la utilización de las leguminosas arbustivas.

Estas asociaciones se han realizado, fundamentalmente, en áreas de pastoreo de gramíneas tropicales, por ser las que menor valor nutritivo presentan. Castillo *et al.* (2003), en pastoreo de gramíneas naturales y asociación de leguminosas rastreras, y una carga de tres animales/ha, utilizaron un suplemento activador de la función ruminal en la época lluviosa, y en período seco suplementaron con miel final o miel-urea 3 %. Sin embargo, en ambos sistemas aunque las ganancias estuvieron aproximadamente en 600 g/d, no hubo diferencias entre usar el suplemento o prescindir de él. Esto sugiere que la calidad nutricional de estos pastos no exige suplementación nitrogenada para complementar los requerimientos proteicos y energéticos del rumen, quizás la fuente energética a utilizar en la suplementación esté más dirigida a los alimentos de sobrepaso, con respecto a la miel que se degrada toda en rumen.

Díaz *et al.* (2005), al utilizar animales Cebú en el sistema, incrementó la ganancia a 800g/d, pero de igual forma no obtuvieron respuesta a la suplementación. Con el uso de machos Charolais, en los que el valor genético es superior, la ganancia de peso se incrementó hasta 855g/d, sin el uso de suplementación (Díaz *et al.* 2009).

Lo antes referido permitió desarrollar una tecnología de producción que puede aplicarse en machos en crecimiento, como en hembras de reemplazo, en función del desarrollo ganadero.

SUGAR CANE FORAGE IN BEEF PRODUCTION FORRAJE DE CAÑA EN LA PRODUCCIÓN DE CARNE VACUNA

The use of integral sugar cane forage as food for cattle had a peak during the 70's of last century. Nevertheless, in the 90's, its study was retaken for its implementation in meat production.

Fundora *et al.* (2007) used sugar cane in integral and semi-integral diets with Zebu animals. It represented 55 % of the consumed dry matter, with weight gains of 900 g/d. These feeding systems were also evaluated with crossbred Holstein animals, with encouraging results in productive performance and gains of 1 kg/animal/d. The voluminous food represented 50 % of the consumed dry matter (Rodríguez *et al.* 2009a).

Rodríguez *et al.* (2009b) studied the use of other grass forage sources in feeding systems where sugar cane is the main food. These authors included different proportions of sugar cane-CT 115 on an integral diet. The results obtained did not modified

El uso de forraje de caña integral, como alimento para el ganado vacuno, tuvo gran auge en los años 70 del siglo pasado. No obstante, en la década del 90, se retomó su estudio con vistas a la producción de carne.

Fundora *et al.* (2007) utilizaron la caña en dietas integrales y semi-integrales con animales Cebú. Esta representó 55 % de la materia seca consumida, con ganancias de peso de 900 g/d. Estos sistemas de alimentación se evaluaron también en animales mestizos Holstein con resultados alentadores en el comportamiento productivo y ganancias de 1 kg/animal/d. El alimento voluminoso representó 50 % de la materia seca consumida (Rodríguez *et al.* 2009a).

El uso de otras fuentes de forraje de gramíneas en sistemas de alimentación donde la caña de azúcar es el alimento fundamental fue estudiado por Rodríguez *et al.* (2009b), quienes incluyeron en una dieta integral diferentes proporciones de caña de azúcar- CT-115. Los resultados obtenidos no modificaron los indicadores de

the sugar cane intake indicators, but allowed to obtain liveweight gains of 1 kg/d, in feeding systems in which voluminous food represented 50 % of the consumed dry matter

The use of different sources of raw matters for producing the supplement has also been studied. The research on this subject demonstrated that maize and soy bean show better performance than wheat bran and norgold, which is an aspect related to raw matter composition. This occurs because the industrial processes that wheat bran and norgold go through provoke the decrease of starch contribution, protein quality and its availability for ruminal microorganisms, in a diet where the main food has low protein percentage (Rodríguez *et al.* 2013a).

The use of different supplementation frequencies (once or twice a day) was also studied, which allowed to increase daily gain up to 13 %, as well as increase efficiency of food conversion in 15 % (Rodríguez *et al.* 2013b). This concentrate fractioning allowed a higher stability in the nutrient intake and, consequently, the optimization of the productive process.

CONCLUSIONS

This group of researches, carried out for 50 years, brings the readers a great amount of scientific results that contribute to the efficient use of beef production. Therefore, it is demonstrated that, for the Latin American area, the use of grasses and forages, as well as agricultural residues, have large validity and use for scientific community and producers.

consumo de la caña, pero permitieron obtener ganancias de peso vivo de 1 kg/d, en sistemas de alimentación en los que el alimento voluminoso representó 50 % de la materia seca consumida.

Han sido objeto de estudio también el uso de diferentes fuentes de materias primas en la confección del suplemento. En las investigaciones acerca de esta temática se demostró que el maíz y la soya muestran mejor comportamiento que el salvado de trigo y el norgold, aspecto que está muy ligado a la composición de las materias primas. Esto se debe a que los procesos industriales por los que pasan el salvado de trigo y el norgold provocan la disminución del aporte de almidón, la calidad de la proteína y su disponibilidad para los microorganismos ruminales, en una dieta donde el alimento fundamental tiene bajo porcentaje de proteína (Rodríguez *et al.* 2013a).

Se estudió también la utilización de diferentes frecuencias de suplementación, 1 o 2 veces al día, que permitió incrementar la ganancia diaria en 13 %, así como aumentar la eficiencia de la conversión alimentaria en 15 % (Rodríguez *et al.* 2013b). Este fraccionamiento del concentrado permitió mayor estabilidad en el consumo de nutrientes y con ello, la optimización del proceso productivo.

CONCLUSIONES

Esta recopilación de las investigaciones realizadas durante 50 años permite poner a disposición de los lectores una gran cantidad de resultados científicos que contribuyen al uso eficiente de la producción de carne vacuna. Se demuestra así que para el área latinoamericana el uso de los pastos y forrajes, así como los residuos agrícolas, tienen gran vigencia y utilidad para la comunidad científica y los productores.

REFERENCES

- Castillo, E., Ruiz, T.E., Elías, A., Febles, G., Galindo, J., Chongo, B. & Hernández, J.L. 2002. Effect of the inclusion of a protein-energy supplement on the performance of bulls consuming leucaena associated with star grass. Cuban J. Agric. Sci. 36: 49
- Castillo, E., Ruiz, T.E., Febles, G., Crespo, G., J. Galindo, Chongo, B. & Hernández, J.L. 2000. Effect of the inclusion of Leucaena at 100% in the native pasture area on the performance of male cattle. Cuban J. Agric. Sci. 2:299
- Castillo, E., Ruiz, T. E., Febles, G., Ramírez, R., Puentes, R., Bernal, G. & Díaz, L.E. 1992. Beef production based on *Panicum maximum* Jacq, two proportions of *Leucaena leucocephala* and different stocking rates. Cuban J. Agric. Sci. 26: 259
- Castillo, E., Ruiz, T. E., Puentes R. & Lucas, E. 1989. Beef production from guinea grass (*Panicum maximum* Jacq) and leucaena (*Leucaena leucocephala*) in marginal areas. 1. Animal performance. Cuban J. Agric. Sci. 23: 151
- Castillo, E., Ruiz, T.E., Stuart, R., Galindo, J., Hernández, J.L. & Díaz, H. 2003. Effect of the protein-energetic supplementation on the performance of male bovines grazing natural pastures associated with a mixture of creeping legumes. Cuban J. Agric. Sci. 37:143
- Delgado, A. & Alfonso, F. 1974. Effect of grazing systems and stocking rate of beef fattening on pangola grass. Cuban J. Agric. Sci. 8:129
- Delgado, A., Crespo, G., Elías A. & Llanes, A. 2002. Fattening of grazing yearlings with molasses-urea. Supplementation. Cuban J. Agric. Sci. 36:43
- Delgado, A., Elías, A., Méndez, M. & García, R. 1980b. Sistema de pastoreo rotacional vs punteros y continuadores. Instituto Ciencia Animal, La Habana
- Delgado, A., Elías, A., Veitia J.L. & Alfonso, F. 1975. The use of pasture on beef production. 3. Different protein sources for molasses-urea supplementation to bulls during the dry season. Cuban J. Agric. Sci. 9:255
- Delgado, A., Elías, A., Veitia J. L. & García, R. 1979. The use of pasture for beef production. 6. Poultry litter: sunflower cake meal rations in the supplementation of bulls grazing pangolagrass. Cuban J. Agric. Sci. 13: 265
- Delgado, A., Elías, A., Veitia J. L. & García, R. 1980a. The use of pasture for beef production. 7. Effects molasses and maize on the protein supplementation to bulls on non-irrigated pasture. Cuban J. Agric. Sci. 14: 21

- Díaz, A., Castillo, E., Martín P.C. & Hernández, J.L. 2005. Productive performance of Zebu yearlings grazing an association of glycine (*Neonotonia wightii*) and natural pasture, supplemented with a ruminal fermentation activator. Cuban J. Agric. Sci. 39: 279
- Díaz, A., Castillo, E., Martín P.C. & Hernández, J.L. 2008a. Fattening of Zebu bulls with rumen activator supplement in silvopastoral system of leucaena and natural pasture. Cuban J. Agric. Sci. 42:155
- Díaz, A., Castillo, E., Martín P.C. & Hernández, J.L. 2008b. Pre-fattening and fattening of Charolais males in grazing of tree legumes, silvopastoral system and biomass bank. Cuban J. Agric. Sci. 42: 151
- Díaz, A., Castillo, E., Martín P.C. & Hernández, J.L. 2009. Fattening of crossbred dairy bulls in silvopastoral systems with leucaena, access to biomass bank and rumen activating supplement. Cuban J. Agric. Sci. 43:227
- Elias, A. & Delgado, A. 1976. Intensive beef production from sugar cane. 12. Effect of maize-wheat supplementation to the molasses-urea diet in bull fattening. Cuban J. Agric. Sci. 10: 153
- Elias, A.; Preston, T. R. & Willis, M. B. 1968. Intensive beef production from sugar cane. 7. The performance of bulls given high levels of molasses-urea at different dilutions. Cuban J. Agric. Sci. 2: 263.
- Elias, A., Preston, T. R., Willis, M. B. & Sutherland, T. M. 1967. Intensive beef production from sugar cane. 4. Molasses-urea as a substitute for grain in low-fiber diets. Cuban J. Agric. Sci. 1: 55
- Feria, A.L., Valdés, G., Martín, P.C. & González, M.E. 2002. Evaluation of three grazing methods for bull fattening. Cuban J. Agric. Sci. 36: 3
- Fundora, O., Martín, P.C., Vera, A. M. & Hernández, J.L. 2007. Productive performance, feeding behavior and carcass composition of fattening Zebu bulls fed sugarcane and concentrates mixed or not. Cuban J. Agric. Sci. 41:29
- Hanke, R. & Martin, P. C. 1983. The use of fibrous sugar cane by-products by ruminants. 7. Performance of Holstein males consuming complete diets with sugar cane bagasse residues during the growing-fattening period. Cuban J. Agric. Sci. 17: 255
- Jordán, H., Díaz, J.A. & Tuero, O. 2005. Study of the supplementation with the granulated product Jordán in grazing. Performance of the granulated product with two stocking rates. Cuban J. Agric. Sci. 39:153
- Martin, J. L., Preston, T. R. & Willis, M. B. 1968. Intensive beef production from sugar cane. 6. Napier or maize as forage sources at two levels in diets based on molasses-urea. Cuban J. Agric. Sci. 2:175
- Martin, P. C. & Elías, A. 1978. The use of fibrous sugar cane by-products by ruminants. 4. NPN/TP ratio and true protein source in treated bagasse pith diets for fattening steers. Cuban J. Agric. Sci. 12:43s
- Martin, P. C. & Ruiz, R. 1986. Weight gain and consumption of Holstein bulls grazing pangola grass (*Digitaria decumbens* Stent). Cuban J. Agric. Sci. 20:239
- Molina, A. & Preston, T. R. Encapsulated methionine for fattening cattle with molasses/urea diets. Cuban J. Agric. Sci. 9:125
- Morciego, S., Muñoz, F. & Preston, T. R. 1970. Commercial fattening of bulls with molasses-urea and restricted grazing. Cuban J. Agric. Sci. 4: 97
- Muñoz, F., Morciego, S. & Preston T. R. 1970. Commercial fattening of bulls on molasses-urea, fish meal and restricted forage under feedlot conditions. Cuban J. Agric. Sci. 4:91
- Ortiz, M. & Stuart, J.R. 1983. Algunas valoraciones sobre la termoamonificación para incrementar el valor nutritivo de la paja. Trabajo de Diploma. ISCAH. La Habana p. 35
- Preston, T. R. 1969. Symposium on beef from the tropics: 3. Beef from sugar cane. Cuban J. Agric. Sci. 3:141
- Preston, T. R. & Muñoz, F. 1971. The effect of giving increasing quantities of torula yeast protein to bulls fattened on a molasses-based diet. Cuban J. Agric. Sci. 5: 9
- Preston, T. R., Willis M. B. & Elias. A. 1967. Intensive beef production from sugar cane. 1. Different levels of urea in molasses given *ad libitum* to fattening bulls as a supplement to a grain diet. Cuban J. Agric. Sci. 1:33
- Rodríguez, D., Martín, P.C., Alfonso, F., Enríquez, A. V. & Sarduy, L. 2009a. Sugarcane forage as complete or semi-complete diet in the productive behavior of Holstein x Zebu crossbred bulls. Cuban J. Agric. Sci. 43:223
- Rodríguez, D., Martín, P.C., Alfonso, F., Enríquez, A. V. & Sarduy, L. 2009b. Effect of the inclusion of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 on the productive performance of crossbred Holstein bulls fed sugar cane (*Saccharum officinarum* sp.) forage. Cuban J. Agric. Sci. 43:27
- Rodríguez, D., Martín, P.C., Alfonso, F. & Enríquez, A. V. & Sarduy, L. 2013b. Supply frequency of concentrate as supplement in sugarcane (*Saccharum officinarum*) forage diets and its effect on the productive performance of Holstein crossbred bulls. Cuban J. Agric. Sci. 47:151
- Rodríguez, D., Tuero, O. & Sarduy, L. 2013a. Raw materials sources in the concentrate for assessing the productive performance of Holstein crossbred bulls fed sugarcane forage. Cuban J. Agric. Sci. 47:19
- Stuart, R. 1988. Evaluation of various alternatives for the treatment of sugar cane harvesting residues for beef cattle. 1. The effect of NaOH or NH₃ treatments on *in vitro* digestibility of some fibrous residues. Cuban J. Agric. Sci. 22:55
- Stuart, J.R. & Fundora, O. 1994. The utilization of sugar cane harvest residues in ruminant feeding. Cuban J. Agric. Sci. 28:1
- Valdés, G. & Castillo, F. 1993. Management system for grazing fattening cattle. 1. Molasses supplementation with a high urea level. Cuban J. Agric. Sci. 27: 157
- Valdés, G., Molina, A. & Elías, A. 1981. Effect of stocking rate and grazing method on bull fattening with non-irrigated Coast cross 1 Bermuda grass. Cuban J. Agric. Sci. 15:298.
- Valdés, G., Molina A. & García, R. 1984. The effect of sodium chloride and ammonium sulphate levels on voluntary consumption and performance of bulls fed hay and green forage. Cuban J. Agric. Sci. 18:261