

Physiological aspects of the use of non-traditional feeds for non-ruminant species

Aspectos fisiológicos de la utilización de alimentos no tradicionales en especies monogástricas

Lourdes Savón Valdés

Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

Email: lsavon@ica.co.cu

This paper summarizes the studies carried out for 50 years at the Institute of Animal Science, on the use of non-traditional feeds in non-ruminant species and its effect on the physiology of the animal. The results were analyzed in two stages: the first took into account the digestive and metabolic effect of by-products of sugar cane on poultry and pigs; the second studied the influence of the inclusion of bio-transformed feeds, subjected to biotechnological methods, such as solid state fermentation, in the digestive and metabolic processes of non-ruminant species. The effect of using forages composed by grasses, grains and legume forages on the digestive physiology of birds, pigs and rabbits was studied. Other physiological researches were analyzed with protein, energy and mineral sources of national origin and their impact on feeding poultry, pigs and rabbits.

Key words: non-conventional feeds, digestive processes, metabolism, non-ruminant species

It is known that Cuba, tropical developing country, has a great biodiversity, with incalculable potential of non-traditional feeds that could be used to feed non-ruminant species. Among these feeds, the by-products of sugar cane (cane molasses, juice or cane juice and sugar) and yeasts like *Saccharomyces* and *torula*, were provided for two decades to pigs and poultry at the Institute of Animal Science, in accordance with the policy of import substitution of energy and protein sources, which included the use of maize and soy bean, respectively.

At the end of the 80's and early 90's, the prices of industrial by-products, like sugar cane molasses, increased, so their use was not feasible in the preparation of diets for pigs and poultry. Under these conditions, alternatives were searched, such as the use of sugar cane meal and other local resources, like meals of legume foliages, foliages and forages of tree and shrub species with good nutritional content, especially protein, but they showed two problems: high fiber levels and occasional representation of secondary metabolites that diminished its nutritional value and affected the digestive and metabolic processes of poultry, pigs and rabbits. All this affected the productive performance of birds, which, due to the nature of their digestive tract, are more sensitive to the effects of fibrous feeds.

In order to achieve an increase in the nutritional

Se resumen los estudios realizados durante 50 años en el Instituto de Ciencia Animal, acerca de la utilización de alimentos no tradicionales en especies monogástricas y su efecto en la fisiología del animal. Los resultados se analizaron en dos etapas: la primera tuvo en cuenta el efecto digestivo y metabólico de los subproductos de la caña de azúcar en el ganado avícola y porcino; la segunda estudió la influencia de la inclusión de alimentos bio-transformados, sometidos a métodos biotecnológicos, como la fermentación en estado sólido, en los procesos digestivos y metabólicos de especies monogástricas. Se estudió el efecto de la utilización de forrajes de gramíneas, granos y forrajes de leguminosas en la fisiología digestiva de aves, cerdos y conejos. Se analizan otras investigaciones fisiológicas con fuentes proteicas, energéticas y minerales de origen nacional y su repercusión en la alimentación de aves, cerdos y conejos.

Palabras clave: alimentos no convencionales, procesos digestivos, metabolismo, especies monogástricas

Se conoce que Cuba, país tropical en vías de desarrollo, posee gran biodiversidad, con potencial incalculable de alimentos no tradicionales que se pudieran utilizar para la alimentación de especies monogástricas. Entre estos alimentos se hallan los subproductos de la caña de azúcar (mieles de caña, jugo o guarapo y azúcar) y levaduras, como la *Saccharomyces* y *torula*, que se suministraron durante dos décadas al ganado porcino y avícola en el Instituto de Ciencia Animal, de acuerdo con la política de sustitución de importaciones de fuentes energéticas y proteicas, que incluía la utilización del maíz y la soya, respectivamente.

A finales de los años 80 e inicios de los 90, los subproductos industriales como las mieles de caña aumentaron sus precios, por lo que no resultó factible su utilización en la elaboración de dietas para cerdos y aves. Ante estas condiciones, se buscaron alternativas, como el uso de caña molida en forma de harina y de otros recursos locales, como las harinas de follajes de leguminosas, follajes y forrajes de especies arbóreas y arbustivas con buen contenido de nutrientes, sobre todo de proteínas, aunque mostraban dos inconvenientes: niveles elevados de fibra y presencia ocasional de metabolitos secundarios que disminuían su valor nutritivo y afectaban los procesos digestivos y metabólicos de aves, cerdos y conejos. Todo ello incidía en menor comportamiento productivo, sobre todo de las aves, especie que por la

quality of these feeds, simple biotechnological processes such as solid state fermentation (SSF) were tested, and the epiphytic flora of the sugar cane was used, with the addition of urea and mineral pre-mixture (Elías *et al.* 1990), the SSF of temporary legume grains and foliages with strains of cellulolytic fungi (Valiño *et al.* 2004), and the germination of legume grains (Díaz *et al.* 2004).

This review deals with the studies on the physiological effect of the use of non-traditional feeds on non-ruminant species, which have been carried out for 50 years at the Institute of Animal Science, designed according to the policy of import substitution that prevailed in Cuba, with the objective of achieving a sustainable animal husbandry.

naturaleza de su tracto digestivo, es más sensible a los efectos de los alimentos fibrosos.

Para lograr el incremento de la calidad nutricional de estos alimentos, se ensayaron procesos biotecnológicos sencillos, como la fermentación en estado sólido (FES), y se aprovechó la flora epifítica de la caña, con la adición de urea y premezcla mineral (Elías *et al.* 1990), la FES de granos y follajes de leguminosas temporales con cepas de hongos celulolíticos (Valiño *et al.* 2004) y la germinación de granos de leguminosas (Díaz *et al.* 2004).

En esta reseña se abordan los estudios sobre el efecto fisiológico de la utilización de alimentos no tradicionales en especies monogástricas, realizados durante 50 años en el Instituto de Ciencia Animal, concebidos según la política de sustitución de importaciones que imperaba en Cuba, con el propósito de lograr una ganadería sustentable.

DIGESTIVE AND METABOLIC ASPECTS OF THE USE OF BY-PRODUCTS FROM THE SUGAR INDUSTRY IN POULTRY AND PIGS.

ASPECTOS DIGESTIVOS Y METABÓLICOS DE LA UTILIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA EN AVES Y CERDOS

In tropical countries, sugar cane is a food with great economic advantages, because it has no competition with any other crop cultivated by man, from the point of view of efficiency of solar energy collection per surface unit, in an annual cycle for its transformation into carbohydrates.

From the point of view of its industrial exploitation, sugar cane, as a raw material, provides different products such as sugar and sugar cane juice, from which the molasses are obtained: high-test molasses (which contains all its sugars), integral molasses (similar to the previous one, but without eliminating impurities), A and B intermediate molasses (with 75 and 70% of sugar, respectively) and final molasses or C molasses, which only have 58% of sugar, when it is not possible to extract more sucrose. Table 1 shows the composition of the high-test molasses and the final molasses that, from the point of view of their digestive and metabolic utilization, have been the most studied in non-ruminant species.

En los países tropicales, la caña de azúcar es un alimento con grandes ventajas económicas, debido a que no tiene competencia con ningún otro cultivado por el hombre, desde el punto de vista de la eficiencia de la captación de energía solar por unidad de superficie en un ciclo anual para su transformación en carbohidratos.

Desde el punto de vista de su aprovechamiento industrial, la caña, como materia prima, proporciona diferentes productos, como el azúcar y el jugo de caña o guarapo, a partir del cual se obtienen las mieles: miel rica (que contiene todos sus azúcares), miel integral (similar a la anterior, pero sin eliminar las impurezas), mieles intermedias A y B (con 75 y 70 % de azúcar, respectivamente) y miel final, melaza o miel C, que solo tiene 58 % de azúcar, cuando no es posible extraer más sacarosa. En la tabla 1 se presenta la composición de la miel rica y la miel final, que desde el punto de vista de su utilización digestiva y metabólica, han sido las más estudiadas en especies monogástricas.

Table 1. Composition of the high-test molasses and the final molasses¹

Indicator	High-test molasses	Final molasses
Humidity	23.9	23.1
Ashes	2.03	5.51
Crude protein	1.07	3.40
Sucrose	24.0	35.0
Monosaccharides	45.0	17.0
Calcium	0.22	0.71
Phosphorous	0.05	0.06
Potassium	0.58	2.00
Sodium	0.16	0.83
Magnesium	0.11	0.45

¹According to MacLeod *et al.* (1968)

Initial researches were directed to study digestion and metabolism of carbohydrates in molasses diets for pigs. Several researches were conducted to compare these aspects in growing pigs who received a diet based on high-test molasses (Ly 1971) and on torula yeast respectively, as the only source of protein (Carrillo 1971 and Carrillo and Benavides 1971) in relation to a conventional diet of cereals.

As the most relevant result, it was confirmed that maize was progressively digested in the small intestine and it provided the available glucose to the animal in small amounts during a relatively long period. In contrast, a very different digestion pattern was found when pigs were fed diets based on high-test molasses. A large amount of carbohydrates were available for the animals in a short period of time. This situation was also confirmed indirectly in the peripheral blood by Ly and Velázquez (1970). However, a part of dietary carbohydrates, fructose but not sucrose, escaped from absorption in the small intestine, due to the increased speed of digesta passage.

Ly (1975, 1977ab) studied the characteristics of the digesta and the destination of carbohydrates in the stomach and intestinal phases, respectively, in pigs receiving diets of high-test molasses or maize meal. The author confirmed that, in the stomach phase, the proportion water intake: organic matter was higher for high-test molasses, regarding the maize meal. The percent of DM was superior for maize, compared to the high-test molasses along the gastrointestinal tract, so the relatively fast intestinal passage caused the virtual accumulation of dietary carbohydrates in the caecum of the pigs fed high-test molasses. This demonstrated that the regulating function of the stomach in the passage of digesta was not efficient to prevent the arrival of dietary carbohydrates to the large intestine, at least during the stomach phase of digestion, when growing pigs were fed a diet based on high-test molasses.

In the intestinal phase (6 hours after the meal), there was a higher retention of DM for maize (46.1%) compared to the high-test molasses (29.9%). The prececal disappearance of carbohydrates with the diet of high-test molasses (1.99g/kg LW/h) was higher than with maize (0.51 g/kg LW/h). The digesta was more humid in all sections of the GIT of pigs fed with high-test molasses, indicating a different digestive pattern regarding maize. Dilution of digesta should be considered by the presence of hypertonic solutions, which can cause certain functional disability in the small intestine, although this organ tends to equalize the osmotic pressure of digesta. Besides the water absorption effect, a higher peristaltic activity could occur. All this confirmed the presence of certain amount of carbohydrates in the caecum, according to Ly (1974).

Boucourt and Ly (1975) found a large microbial

Las primeras investigaciones se dirigieron al estudio de la digestión y el metabolismo de los carbohidratos en las dietas de mieles para cerdos. Se realizaron varias investigaciones para comparar estos aspectos en cerdos en crecimiento que recibieron una dieta basada en miel rica (Ly 1971) y levadura torula respectivamente, como única fuente de proteína (Carrillo 1971 y Carrillo y Benavides 1971) en relación con una dieta convencional de cereales.

Como resultado más relevante, se constató que el maíz era digerido progresivamente en el intestino delgado, y suministraba la glucosa disponible al animal en pequeñas cantidades durante un período de tiempo relativamente largo. En contraste, un patrón de digestión muy diferente se encontró cuando los cerdos se alimentaron con dietas basadas en miel rica. Una gran cantidad de carbohidratos estaban disponibles para los animales en un período corto de tiempo. Esta situación se confirmó también indirectamente en la sangre periférica por Ly y Velázquez (1970). Sin embargo, una parte de los carbohidratos dietéticos, fructosa pero no sacarosa, escapaba de la absorción en el intestino delgado, debido al incremento de la velocidad de pasaje de la digesta.

Ly (1975, 1977ab) estudió las características de la digesta y el destino de los carbohidratos en las fases estomacal e intestinal, respectivamente en cerdos que recibían dieta de miel rica o maíz en forma de harina. Este autor comprobó que en la fase estomacal, la proporción consumo de agua: materia orgánica fue mayor para la miel rica con respecto a la harina de maíz. El por ciento de MS fue superior para el maíz, en comparación con la miel rica a lo largo del tracto gastrointestinal, por lo que el tránsito intestinal, relativamente rápido, provocó la virtual acumulación de carbohidratos dietéticos en el ciego de los cerdos que consumieron la miel rica. Esto demostró que la función reguladora del estómago en el pasaje de la digesta no era eficiente para prevenir la llegada de carbohidratos dietéticos al intestino grueso, al menos durante la fase estomacal de la digestión, cuando se suministró a cerdos en crecimiento una dieta basada en miel rica.

En la fase intestinal (6 h después de la comida) hubo mayor retención de MS para el maíz (46.1 %) con respecto a la miel rica (29.9 %). La desaparición prececal de carbohidratos con la dieta de miel rica (1.99g/kg PV/h) fue mayor que con el maíz (0.51 g/kg PV/h). La digesta fue más húmeda en todas las secciones del TGI de los cerdos que se alimentaron con miel rica, lo que indicó un patrón digestivo diferente con relación al maíz. Hay que considerar la dilución de la digesta por la presencia de soluciones hipertónicas que pueden provocar cierta discapacidad funcional en el intestino delgado, a pesar de que este órgano tiende a igualar la presión osmótica de la digesta. Además del efecto hidragogo, se pudiera producir actividad peristáltica mayor. Todo ello confirmó la presencia de cierta cantidad de carbohidratos en el ciego, como había referido Ly (1974).

Boucourt y Ly (1975) encontraron en el estómago e intestino delgado de los cerdos extensa población

population, constituted by lactobacilli, streptococci, yeasts, Clostridia and *E. colli*, in the stomach and small intestine of pigs, which was associated with large amounts of organic acids, when animals consumed diets based on molasses, with respect to a diet with maize.

Ly and Boucourt (1975) researched the fermentation pattern of organic acids present in the gastrointestinal tract of pigs fed with two carbohydrate sources and found marked differences between them. The colon had the highest content of fermentation products for maize diet, while the high-test molasses produced an unexpected increase in the function of the stomach as virtual fermentation area. The amount of organic acids found in the first part of the tract (stomach and small intestine) exceeded the second (caecum and large intestine). Compared to the diet with maize, the pattern was different. The acetic acid was predominant in the diet of maize in all organs, while the diet with high-test molasses determined a higher proportion of butyric acid.

Ly (1974), after studying the caecal function, confirmed that the levels of short chain fatty acids (SCFA) were higher in a diet with high-test molasses (2mmol/g OM) than in one with maize (0.9mmol/g OM). Therefore, it was inferred fermentation was caused by materials that escaped to digestion in the small intestine (a fraction of dietary fructose and sucrose). The lowest available energy for the host could explain the difference in production and growth indicators (Diéguez and Menchaca 1973), verified among pigs consuming high-test molasses and maize.

Final molasses is another widely used by-product for feeding pigs. Its use has been limited from the nutritional point of view, due to two simultaneous events: the worsening of performance traits and the occurrence of diarrheas in animals, when it was used at levels greater than 30%. In contrast, the high-test molasses did not determine any laxative effect on recently weaned animals or during growth and fattening stages. At the same time, there was an evident improvement in the performance traits of economic interest (Ly and Castro 1984), when compared with the final molasses.

Several hypotheses were stated to explain the phenomena of liquid feces or diarrhea. Some were attributed to the high content of ashes in the final molasses or to the large amounts of potassium (Velázquez and Preston 1970).

Ly (1985a) studied the status of Na and K in the large intestine of pigs and demonstrated that the fecal emission, with high or low liquid concentration, could not be interpreted from the presence of Na and K in it. This confirms unsuccessful attempts to demonstrate that high levels of these electrolytes in the diet can provoke diarrhea in pigs or birds. To know exactly the

microbiana, constituida por lactobacilos, estreptococos, levaduras, clostridios y *E. colli*, asociada a grandes cantidades de ácidos orgánicos, cuando los animales consumieron dieta basada en mieles, con respecto a una de maíz.

Ly y Boucourt (1975) investigaron el patrón de fermentación de ácidos orgánicos presentes en el tracto gastrointestinal de cerdos alimentados con las dos fuentes de carbohidratos y hallaron marcadas diferencias entre ambos. El colon fue el órgano de mayor contenido en productos de fermentación para la dieta de maíz, mientras que en la miel rica se produjo incremento inesperado en la función del estómago como área fermentativa virtual. La cantidad de ácidos orgánicos encontrada en la primera parte del tracto (estómago e intestino delgado) excedió a la segunda (ciego e intestino grueso). En contraste con la dieta de maíz, el patrón fue diferente. El ácido acético fue predominante en la dieta de maíz en todos los órganos, en tanto que la dieta de miel rica determinó mayor proporción de ácido butírico.

Ly (1974), al estudiar la función cecal, constató que los niveles de ácidos grasos de cadena corta (AGCC) fueron más altos en una dieta de miel rica (2 mmol/g MO) con respecto a una de maíz (0.9mmol/g MO), por lo que dedujo que la fermentación se debía a materiales que escapaban al proceso de digestión en el intestino delgado (una fracción de sacarosa y fructosa dietética). La menor energía disponible para el huésped pudiera explicar la diferencia en los indicadores productivos y de crecimiento (Diéguez y Menchaca 1973) constatados entre los cerdos que consumieron miel rica y maíz.

La miel final es otro subproducto ampliamente utilizado en la alimentación porcina. Su uso se ha limitado desde el punto de vista nutricional por dos hechos simultáneos: el empeoramiento de los rasgos de comportamiento y la aparición de diarreas en los animales, cuando se utilizó a niveles superiores al 30 %. En contraste, la miel rica no determinó efecto laxante alguno, ni en animales recién destetados, ni en crecimiento y ceba. Conjuntamente, hubo mejora evidente en los rasgos de comportamiento de interés económico (Ly y Castro 1984), cuando se comparó con la miel final.

Se plantearon varias hipótesis para explicar el fenómeno de las heces acuosas o diarreas. Algunas se atribuyeron al alto contenido de cenizas de la miel final o a la presencia de potasio en grandes cantidades (Velázquez y Preston 1970).

Ly (1985a) estudió el status del Na y K en el intestino grueso de cerdos y demostró que la emisión fecal, con alta o baja concentración acuosa, no se podía interpretar a partir de la presencia de Na y K en la misma. Esto confirma tentativas infructuosas para demostrar que altos niveles de estos electrolitos en la dieta pueden provocar diarrea en cerdos o en aves. Para conocer exactamente los factores que intervienen en los procesos de regulación del intercambio de materiales entre el lumen intestinal y el medio interno, sería necesario explorar otras áreas, como la regulación nerviosa o la hormonal.

factors involved in the regulatory processes of material exchange between the intestinal lumen and the internal medium, it would be necessary to explore other areas, such as nerve or hormone regulation.

A more coherent hypothesis, regarding the laxative properties of final molasses, was supported on its chemical composition, but it was centered on the fraction of organic matter, which is neither protein nor carbohydrate, and it is been called “non-identified organic substances”, according to Figueroa and Macías (1988). These authors suggested that this fraction could be constituted by compounds similar to pectin, which is not very digestible, so they should be highly hydrophilic compounds, and their permanence in the intestinal lumen demands a very large water flow. This would explain, together with the emission of watery feces, the excessive thirst of pigs that makes them drink a lot of water (Marrero and Ly 1977), besides presenting a determined intake pattern (Ly and Castro 1984). Summarizing, the intestine of pigs receiving final molasses loses its ability to retain digesta, decreases the ability of water absorption, with the following liquid fecal emission. According to Ly (1985b), this is accompanied by an excessively fast digestive flow, like the one verified in the pre-caecal areas.

Regarding the speed of production of SCFA, Ly (1986) confirmed that the determining factor on the fermentative activity in the large intestine was the permanence time of the digestive content in this region of the GIT. It was evident that the SCFA, produced in the large intestine of pigs fed with high-test molasses, had the highest contribution to the energy metabolism of animals. This contribution was lower with maize diet, and significantly smaller with final molasses.

The highest or lowest daily production of SCFA in diets with high-test molasses or final molasses coincides with the highest daily absorption of water in the caecum and colon found in other studies (Ly 1985 b). Later, there was interdependence of the absorption of SCFA and water in the large intestine.

As a conclusion, it was considered that the excessive intake of water with the diet of final molasses led to an accelerated flow of digesta in the ileum (Ly 1985a), and determined the inefficiency in water absorption in the large intestine, due to the absence of production of SCFA in the caecum and colon and, therefore, its poor absorption.

Ly and Mollineda (1983) found changes in the morphology of the large intestine in diets with final molasses that could explain the lowest digestive use in pigs fed with this feed.

In order to improve the use of nutrients in diets with high amounts of final molasses, Brito *et al.* (1985) and Díaz and Rodríguez (1987) tested on growth-fattening pigs and pregnant sows, respectively, the addition of different levels of filter cake mud oil

Una hipótesis más coherente, en lo que respecta a las propiedades laxantes de la miel final, se sustentó en su composición química, pero se centró en la fracción de la materia orgánica, que no es proteína ni carbohidrato, y que se ha dado en llamar “sustancias orgánicas no identificadas”, según Figueroa y Macías (1988). Estos autores indicaron que esta fracción pudiera estar constituida por compuestos parecidos a la pectina, que no es muy digestible, por lo que deben ser sumamente hidrófilos, y su permanencia en el lumen intestinal demanda de un flujo de agua muy grande. Esto explicaría, unido a la emisión de heces acuosas, la desmedida sed de los cerdos que los hace beber agua en exceso (Marrero y Ly 1977), además de presentar un patrón de consumo característico (Ly y Castro 1984). En resumen, en los cerdos que reciben miel final, el intestino grueso pierde su capacidad de retención de la digesta, disminuye la capacidad de absorción de agua, con la consiguiente emisión fecal líquida. Según Ly (1985b), esto se acompaña de un tránsito digestivo excesivamente rápido, al igual que el constatado en las áreas pre-cecales.

En cuanto a la velocidad de producción de AGCC, Ly (1986) confirmó que el factor determinante en la actividad fermentativa en el intestino grueso, era el tiempo de permanencia del contenido digestivo en esa región del TGI. Fue evidente que la mayor contribución al metabolismo energético de los animales fue la de los AGCC que se produjeron en el intestino grueso de los cerdos alimentados con miel rica. Esta contribución fue menor con la dieta de maíz, y notablemente más pequeña con la miel final.

La mayor o menor producción diaria de AGCC en las dietas de miel rica o miel final coincide con la mayor absorción diaria de agua en el ciego y colon hallada en otros estudios (Ly 1985 b). Luego, hubo interdependencia de la absorción de los AGCC y agua en el intestino grueso.

Como conclusión, se consideró que el excesivo consumo de agua con la dieta de miel final condujo a un tránsito acelerado de la digesta a nivel de íleon (Ly 1985a), y determinó la ineficiencia en la absorción de agua en el intestino grueso, debido a la ausencia de la producción de AGCC en el ciego y colon y, por consiguiente, a su pobre absorción.

Ly y Mollineda (1983) encontraron modificaciones en la morfología del intestino grueso en dietas con miel final que pudieran explicar el menor aprovechamiento digestivo en los cerdos a los que se les suministró este alimento.

Con vistas a mejorar la utilización de los nutrientes en dietas altas en miel final, Brito *et al.* (1985) y Díaz y Rodríguez (1987) ensayaron en cerdos en crecimiento-ceba y en cerdas gestantes, respectivamente, la adición de diferentes niveles de aceite de cachaza (subproducto que se extrae en el proceso de obtención de cachaza de la caña de azúcar), que es una fuente energética, pero no lograron los beneficios esperados. Savón (1984) y Rodríguez *et al.* (1988) propusieron la utilización de harina de heno de bermuda cruzada (*Cynodon dactylon*). Estos autores obtuvieron como resultado relevante que

(by-product extracted from the process for obtaining cake from sugar cane), which is an energy source, but they did not obtain the expected benefits. Savón (1984) and Rodríguez *et al.* (1988) the use of meal of bermuda (*Cynodon dactylon*) hay. These authors obtained that the addition of 5 % of this fiber source decreased the flow speed, favored the water absorption at the level of large intestine and prevented the release of soft feces, which is a characteristic of this diets, without affecting the use of dry matter, nitrogen and energy.

Another important aspect to analyze is that, due to the ingestion of high levels of final molasses and the intrinsic characteristics of this by-product (high content of soluble sugars, low fiber content and excessive content of minerals), some changes in the acid-basic homeostasis could be produced, mainly because of the nature of the products resulting from the metabolic processes. The previous information was studied by Savón (1984) and Savón *et al.* (1987), who found that high levels of final molasses (up to 71 %) in the diets for growing pigs did not provoke changes in the acid-basic homeostasis until around 8 h after the ingestion, despite the high concentration of dietary magnesium, potassium and carbohydrates.

Savón *et al.* (1989) discovered that the homeostatic capacity of pigs is able to regulate the serum profile of electrolytes like potassium and magnesium, despite the pigs ingested several times their requirements in diets with high levels of final molasses. After supplementing the diets of final molasses with phosphorous and zinc, the apparent absorption and retention of calcium, potassium and sodium was not affected. However, the absorption of phosphorous and magnesium increased and the water excretion decreased.

Taking into account these results, the cited authors demonstrated that, in fattening of pigs with final molasses at 30 % or more, it is only necessary to adjust the mineral supplementation to the requirements of zinc and phosphorous, without presenting changes in the indicators of health and blood biochemistry, like total proteins, albumin, hemoglobin, hematocrit, total leukocytes and differential counting. This represents a considerable saving of currency to the country.

In poultry, studies were focused on the different factors that limit the use of final molasses in the formulation of diets for broilers, which influenced on their poor productive performance.

Álvarez and Ly (1975) conducted preliminary studies to analyze the effect of including different proportions of final molasses/maize, up to replace 54.7% of the DM of the diet by final molasses in the active degradation of the energy components of the ration by the microflora within in the pre (crop) and post gastric (caecum) areas of the gastrointestinal tract. Among the most interesting results, it was confirmed that final molasses

la adición de 5 % de esta fuente fibrosa disminuía la velocidad de tránsito, favorecía la absorción de agua a nivel del intestino grueso e impedía la emisión de heces blandas características de estas dietas, sin afectar la utilización de materia seca, nitrógeno y energía.

Otro aspecto importante a analizar es que debido a la ingestión de niveles altos de miel final, y a las características intrínsecas de este subproducto (alto contenido de azúcares solubles, bajo contenido de fibra y excesivo contenido de minerales), se pudieran producir trastornos en la homeostasis ácido-básica, principalmente por la naturaleza de los productos que se forman como resultado de los procesos metabólicos. Lo anterior fue motivo de estudio de Savón (1984) y Savón *et al.* (1987), quienes hallaron que los altos niveles de miel final (hasta 71 %) en la dieta para cerdos en crecimiento, no provocaron trastornos en la homeostasis ácido-básica, hasta aproximadamente 8 h después de la ingestión de alimentos, a pesar de la elevada concentración de carbohidratos, potasio y magnesio dietético.

Savón *et al.* (1989) encontraron que la capacidad homeostática de los cerdos es capaz de regular el perfil sérico de electrolitos como potasio y magnesio, a pesar de haber ingerido los cerdos varias veces su requerimiento en dietas altas en miel final. Al suplementar la dietas con miel final, solo con fósforo y zinc, no se alteró la retención y absorción aparente de calcio, potasio y sodio. En cambio, aumentó la absorción de fósforo y magnesio, y la excreción de agua disminuyó.

Al tener en cuenta estos resultados, los autores citados demostraron que en la ceba de cerdos con dietas de miel final de 30 % en adelante, solo es necesario ajustar la suplementación mineral a los requerimientos de zinc y fósforo, sin que se presenten trastornos en los indicadores de la bioquímica sanguínea y de salud, como las proteínas totales, albúmina, hemoglobina, hematocrito, leucocitos totales y conteo diferencial. Esto representa un considerable ahorro de divisas al país por este concepto.

En las aves, los estudios se centraron en los diferentes factores que limitan el uso de miel final en la formulación de las dietas destinadas a pollos de ceba, que incidían en su pobre comportamiento productivo.

Álvarez y Ly (1975) realizaron estudios preliminares para analizar el efecto de incluir diferentes proporciones de miel final/maíz, hasta sustituir 54.7 % de la MS de la dieta por miel final en la degradación activa de los componentes energéticos de la ración por parte de la microflora presente en las áreas pre (buche) y post gástricas (ciegos) del tubo digestivo. Entre los resultados más interesantes, se constató que la miel final indujo mayor flujo de digesta en los animales que recibieron este alimento, perdiendo el buche su capacidad de órgano reservorio. Los valores de pH mostraron diferencias entre buche y ciegos, estos últimos presentaron los valores más altos. En ambos órganos, las dietas con mayor contenido de miel final determinaron mayores concentraciones de AGCC y ácido láctico. En los ciegos se observó, sobre todo, aumento de la actividad fermentativa, debido al

induced a better flow of digesta in animals receiving this feed, so the crop lost its capacity as reserve organ. The pH values showed differences between crop and caeca, being these last the ones that showed the highest values. In both organs, diets with higher content of final molasses determined higher concentrations of SCFA and lactic acid. In the caeca, mainly, there was an increase of the fermentative activity due to the increase of the unexpected lactate, which could come from pre-caecal areas. This may be a result from the fast flow of digesta reaching these organs, and exceeds the amount that they can absorb or evacuate.

Similar to the observed in pigs, Álvarez (1976a) found that the inclusion of final molasses in diets for broilers caused an increase on the passage speed of digesta through the gastrointestinal tract of animals, with maximum values maximum for the diets with higher percentage of substitution of maize for final molasses. The increase was attributed to some intrinsic factors of the molasses composition (González and Ibañez 1973ab), which originated a higher water intake and generated a decrease of metabolizable energy, as the level of final molasses increased in the ration. In addition, another factor that could influence was the fermentation activity in the crops and caeca of poultry (Alvarez 1975), because high concentrations of lactic acid in the crops affects the intake of animals.

Álvarez (1976b) also analyzed the influence of including different proportions of maize /final molasses on morphological indicators (weight and size) of the digestive organs of birds, to achieve high levels (66.5 % of dietary DM) in rations for broilers. This author found an increase of organs, with an increase of the level of final molasses in diets, while the gizzard showed an opposite performance. In the case of the gizzard, the semi-liquid nature of final molasses decreased, largely, its shredder function, which affects the muscular development of the organ. Absolute areas of crops and caeca increased significantly in the diets of final molasses as a result of the fermentation activity, due to the levels of SCFA and lactic acid.

Ibañez and González (1981) analyzed the effect of the inclusion of different levels of final molasses, in the relation between different organs from the digestive tract and weight of the birds (relative weight) and confirmed the previous results. Functional modifications were observed, which were induced by final molasses in the digestive tract of birds. These changes could influence on digestibility and other digestive indicators.

Álvarez (1982) proposed that the lower digestibility of diets with final molasses, combined to a low feed efficiency of birds that consumed this by-product, were the factors that determined the decrease of the apparent retentions of DM, OM and N, as well as low values obtained for the ME of this type of diet

incremento del lactato no esperado, que pudiera provenir de las áreas prececales. Esto pudiera ser consecuencia del rápido tránsito de la digesta que llega a estos órganos, y sobrepasa la cantidad que pueden absorber o evacuar.

Similar a lo observado en los cerdos, Álvarez (1976a) halló que la inclusión de miel final en las dietas de pollos de ceba, originó aumento de la velocidad de pasaje de la digesta a través del tracto gastrointestinal de los animales, con valores máximos para las dietas con mayor porcentaje de sustitución de maíz por miel final. El aumento se atribuyó a algunos factores intrínsecos de la composición de la miel (González e Ibañez 1973), que originaron mayor consumo de agua y generaron disminución de la energía metabolizable, a medida que se incrementó el nivel de miel final en la ración. Además, otro factor que pudo influir, fue la actividad fermentativa en los buches y ciegos de los pollos (Álvarez 1975), ya que las altas concentraciones de ácido láctico en los buches afecta negativamente el consumo de los animales.

Álvarez (1976b) también analizó la influencia de la inclusión de diferentes proporciones de maíz/miel final en los indicadores morfológicos (peso y tamaño) de los órganos del aparato digestivo de las aves, hasta lograr altos niveles (66.5 % de la MS de la dieta), en raciones destinadas a pollos de ceba. Este autor encontró incremento de los órganos, con aumento del nivel de miel final en las dietas, en tanto que la molleja mostró comportamiento inverso. En el caso de la molleja, la naturaleza semilíquida de la miel final disminuyó, en gran medida, su función trituradora, lo que afecta el desarrollo muscular del órgano. Las áreas absolutas de los buches y ciegos se incrementaron considerablemente en las dietas de miel final como resultado de la actividad fermentativa, debido a los niveles de AGCC y ácido láctico.

Ibañez y González (1981) analizaron el efecto de la inclusión de diferentes niveles de miel final en la relación entre distintos órganos del tubo digestivo y el peso de las aves (peso relativo) y confirmaron los resultados anteriores. Se observaron modificaciones funcionales, inducidas por la miel final en el aparato digestivo de las aves. Estas modificaciones pudieran influir en la digestibilidad y otros indicadores digestivos.

Álvarez (1982) planteó que la menor digestibilidad de las dietas de miel final, unida a la baja eficiencia alimentaria de las aves que consumieron este subproducto, fueron los factores que determinaron la disminución de las retenciones aparentes de MS, MO y N, así como los bajos valores obtenidos para la EM de este tipo de dieta (Álvarez 1977). Así, el animal es capaz de metabolizar 66 % de la EB en la dieta que tiene como fuente energética principal la miel final, contra 80 % que se obtiene con la dieta de maíz. Lo anterior parece que está determinado por la alta humedad fecal y el elevado contenido de cenizas de las heces, así como por el efecto laxativo observado en los animales que consumieron miel final.

Estos resultados sugirieron la utilización de algunos

(Álvarez 1977). Thus, the animal is able to metabolize 66% of the GE in the diet, where final molasses is the main energy source, compared to 80% obtained with the maize diet. This seems to be determined by the high fecal humidity and high ash content of feces, as well as the laxative effect observed in animals consuming final molasses.

These results suggested the use of certain additives like formaldehyde and sodium sulfite (Brito and Álvarez 1982) to improve the utilization of dietary energy caused by a higher fermentation in the GIT of birds consuming the highest levels of final molasses. This could contribute to improving the poor conversion and gain values obtained in nutritional experiments, after providing final molasses to the poultry.

In order to reduce the laxative effect of final molasses diets, it was subjected to a thermal treatment and centrifugation, to try to reduce the high ash content (Álvarez 1980), but there was no favorable effect. Final molasses were treated also with sulfuric acid and zeolite at 3 % (Savón *et al.* 1983), also to reduce its laxative effect. The levels of sodium, potassium and magnesium in the ileum and caeca of birds consuming treated and untreated molasses showed no significant differences. The same occurred with the dry matter from excretions.

Previously, Savón and Álvarez (1982) studied the effect of mineral composition of different levels of a product called dehydrated final molasses (DFM) on the humidity of excretions, excretions of minerals, serum profile of macro-elements and its content in the ashes of the tibias. The product was obtained from drying final molasses with calcium oxide. There was a decrease of the serum profile of Ca, Mg and K with the increase of dehydrated final molasses, while Na and P values showed no significant differences.

There was an increase of Ca, Mg and K excretion in poultry consuming the highest levels of DFM (30, 40 and 50% of DM). The authors recommended not to use high levels of this product in the diet for birds, despite the decrease of humidity in the excretions, because the animals presented bone fragility and disorders due to the excess of consumed calcium. In addition, there are low values of ME in diets with high amount of DFM, associated to ash content, primarily calcium, which is high in the DFM.

The low content of protein on diets based on sugar cane molasses favored the search for alternative protein sources, as a supplement to these diets, in poultry and pigs. There were *Saccharomyces* (alcohol distillery by-product) and *torula* yeasts (developed in final molasses), allowing considerable savings of protein sources.

The first researches on the use of *torula* yeast, as the only protein source, were conducted by Carillo and Benavides (1971). These authors studied

aditivos como el formaldehído y el sulfito de sodio (Brito y Álvarez 1982) para mejorar la utilización de la energía de la dieta originada por mayor fermentación en el TGI de las aves que consumieron los niveles más altos de miel final. En términos generales, esto pudiera contribuir al mejoramiento de la pobre conversión y valores de ganancia obtenidos en los experimentos nutricionales, cuando se suministró miel final a las aves.

Para disminuir el efecto laxativo de las dietas de miel final, esta se sometió a un tratamiento térmico y de centrifugación, para tratar de reducir el elevado contenido de cenizas (Álvarez 1980), pero no se obtuvo un efecto favorable. También se intentó disminuir el efecto laxante de la miel final, al tratar esta con ácido sulfúrico y zeolita al 3 % (Savón *et al.* 1983). Los niveles de sodio, potasio y magnesio en el íleon y los ciegos de las aves que consumieron las mieles, tratadas y sin tratar, no presentaron diferencias apreciables. Lo mismo ocurrió con la materia seca de las excretas.

Con anterioridad, Savón y Álvarez (1982) estudiaron el efecto de la composición mineral de diferentes niveles de un producto denominado miel final deshidratada (MFD) en la humedad de las excretas, excreción de minerales, perfil sérico de macroelementos y su contenido en las cenizas de las tibias. El producto se obtuvo a partir del secado de la miel final con óxido de calcio. Se encontró disminución del perfil sérico de Ca, Mg y K con el aumento de miel final deshidratada, mientras que los valores de Na y P no presentaron diferencias apreciables. Se observó aumento en la excreción mineral de Ca, Mg y K en las aves que consumieron los niveles más altos de MFD (30, 40 y 50% de la MS). Los autores recomendaron no utilizar niveles elevados de este producto en las dietas de las aves, a pesar de la disminución de la humedad de las excretas, debido a que los animales presentaron trastornos y fragilidad ósea, por el exceso de calcio consumido. A ello hay que añadir bajos valores de EM en dietas altas en MFD, asociados al contenido de cenizas, fundamentalmente del calcio, que es elevado en la MFD.

El bajo contenido de proteína de las dietas basadas en mieles de caña propició la búsqueda de fuentes proteicas alternativas, como suplemento a estas dietas, en aves como en cerdos. Entre estas se hallaron la levadura *Saccharomyces* (subproducto de la destilería de alcohol) y la levadura *torula* (desarrollada en miel final), que permitían ahorro considerable de fuentes proteicas.

Las primeras investigaciones en la utilización de levadura *torula*, como única fuente de proteína, se condujeron por Carillo y Benavides (1971). Estos autores estudiaron la digestibilidad y tasa de pasaje por el tracto gastrointestinal de cerdos que consumían dietas basadas en *torula*/miel rica. Hallaron que aunque la miel, como se conoce, induce el pasaje de un volumen grande de digesta a través del íleon, esto no afectó la digestibilidad aparente de la MS y N, debido probablemente al efecto osmótico.

Este hallazgo se confirmó cuando Carrillo (1973) analizó la proteólisis de las levaduras *Saccharomyces*

the digestibility and rate of passage through the gastrointestinal tract of pigs consuming diets based on torula/high-test molasses. They found that, although the molasses, as it is known, induces the passage of a large volume of digesta through ileum, this did not affect apparent digestibility of DM and N, probably due to the osmotic effect.

This finding was confirmed when Carrillo (1973) analyzed the proteolysis of *Saccharomyces* and torula yeasts, for two tests were conducted with pigs provided with a reentrant cannula in the first part of the duodenum and a single cannula in the stomach. The results of both experiences showed evidence of poor digestion of yeasts, and suggested that the favorable effect expected for molasses, after diminishing the speed of stomach emptying due to its osmolarity, was counteracted because of its high buffering ability. The previous results did not allow the pepsin to achieve its optimal pH for yeast proteolysis in the stomach and that around 80% of the ingested nitrogen passed into the small intestine.

Boucourt (1979) analyzed the effect of live or dead yeast on the fermentation indexes in different sections of the digestive tract of pigs fed a diet of high-test molasses. This author recommended not using live yeasts as a protein supplement, because they affect the energy content of the diet because they compete with the host, to produce high levels of alcohol. In addition, their digestibility is low because their wall remains intact (Carrillo and Boucourt 1971).

Studies on protein digestion in torula yeast, in diets based on high levels of final molasses as an energy component, were conducted by Boucourt (1982). For this, the effect of bonding the pancreas to pigs over 11 weeks old that received these diets was analyzed. It demonstrated that pigs are able to digest 60% of dietary protein, despite the lack of pancreatic juice. This percentage of digestibility represented 81% of the real potential of this indicator for this diet.

As for the amino acid and protein digestibility of torula yeast in pigs fed final molasses, Boucourt (1982) found lower digestibility than those reported for traditional diets. This author also determined the effect of digestibility of protein, amino acids and dry matter in the ileum and feces of pigs consuming torula yeast and molasses. DM, protein and amino acids, except methionine, showed higher digestibility in feces. This may suggest the need to supplement methionine when torula yeast was included as a protein source in diets of final molasses for pigs. However, this author found that the protein digestibility of torula yeast did not increase with the DL-methionine supplementation.

Álvarez (1976c) determined the nutritional value of Cuban torula yeast and stated that it was variable and depended on the substrate of the used strain, but not on the industrial processing. Thus, he found that the

yeast, para lo cual realizó dos pruebas con cerdos provistos de cánula reentrantes en la primera parte del duodeno y cánula simple en el estómago. Los resultados obtenidos en ambas experiencias mostraron evidencias de la pobre digestión de las levaduras, y sugirieron que el efecto favorable esperado para la miel, al disminuir la velocidad de vaciado estomacal por su osmolaridad, se contrarrestó debido a su alta capacidad amortiguadora. Lo anterior permitió que la pepsina no pudiera alcanzar su pH óptimo para la proteólisis de las levaduras en el estómago y que, aproximadamente, 80 % del nitrógeno ingerido pasara al intestino delgado.

Boucourt (1979) analizó el efecto de las levaduras vivas o muertas en los índices fermentativos en diferentes secciones del tracto digestivo de cerdos que recibieron una dieta de miel rica. Este autor recomendó no utilizar levaduras vivas como suplemento proteico, ya que afectan el contenido energético de la dieta porque compiten con el hospedero, al producir niveles elevados de alcohol. Además, al permanecer su pared intacta (Carrillo y Boucourt 1971), su digestibilidad es muy baja.

Los estudios de digestión de la proteína de la levadura torula en dietas basadas en niveles altos de miel final como componente energético, se condujeron por Boucourt (1982). Para ello, se analizó el efecto de ligar el páncreas a cerdos de más de 11 semanas de edad que recibían estas dietas. Se demostró que los cerdos son capaces de digerir 60 % de las proteínas dietéticas, a pesar de la falta del jugo pancreático. Este por ciento de digestibilidad representó 81 % del potencial real de este indicador para esta dieta.

En cuanto a la digestibilidad de aminoácidos y proteínas de levadura torula en cerdos alimentados con miel final, Boucourt (1982) encontró digestibilidades más bajas que las señaladas para dietas tradicionales. También determinó el efecto de digestibilidad de proteína, aminoácidos y materia seca en el íleon y heces de cerdos que consumieron levadura torula y miel. La MS, la proteína y los aminoácidos, con excepción de la metionina, presentaron mayor digestibilidad en heces. Lo anterior pudiera sugerir la necesidad de suplementar la metionina, cuando se incluyó levadura torula como fuente proteica en las dietas de miel final para cerdos. Sin embargo, este autor halló que la digestibilidad de la proteína de la levadura torula no se incrementó con la suplementación de DL-metionina.

Álvarez (1976c) determinó el valor nutritivo de la levadura torula cubana y planteó que era variable y que dependía del sustrato de la cepa utilizada, pero no del procesamiento industrial. Así, halló que la calidad nutricional no variaba con el método de secado (atomización o tambor). En este sentido, el estudio comparativo de la disponibilidad de la lisina, indicador idóneo para la determinación de su calidad, no indicó diferencias significativas entre las levaduras producidas en diferentes fábricas del país (Tillán y Álvarez 1983).

Valdiviá (1976), al analizar diferentes niveles de inclusión de levadura torula en indicadores de

nutritional quality did not vary with the drying method (spray or drum). In this sense, the comparative study of lysine availability, suitable indicator for determining its quality, indicated no significant difference among the yeasts produced in different factories of the country (Tillán and Álvarez 1983).

Valdivié (1976) analyzed different levels of inclusion of torula yeast on indicators of productive performance of broilers with potential slow growth, and suggested levels of up to 20%, because higher values deteriorated gain and feed conversion, plus the humidity and sticky consistency presented by the excretions. Precisely, Álvarez (1976c) stipulated that an aspect to be taken into account for including torula in poultry rations was its high content of NPN (12% of Nt expressed as nucleic acids) and its low biological value. Regarding the former, the nitrogen of purine bases is not used by the animal, and uric acid is the final product of catabolism, so when its concentration in blood increases, the bird increases water intake and kidney activity, releases the excess of uric acid. The final result is higher humidity in the excretions when torula is included with more than 20% of DM of the diet and decrease of the performance of production indicators.

Álvarez and Valdivié (1980), to confirm the previous results, determined the effect of the inclusion of 0, 10, 20 and 30% of torula yeast in ME and apparent retention of DM and N in broilers. They found no significant differences of ME among treatments. However, apparent retentions of DM and N decreased from 20% of torula inclusion.

These results differ from those previously stated by Valdivié (1976). The low use of nitrogen from 20% of yeast inclusion could be caused by the already mentioned high content of nucleic acids. Another limiting factor could be not to use DL-methionine as supplement, which is a deficient amino acid in torula yeast, as in the case of diets formulated by Álvarez and Valdivié (1980), in contrast to the positive response to supplementation obtained by Valdivié (1976). However, this last was discarded in researches of Tillán *et al.* (1984), who found that enzyme activities of protease and trypsin were similar, with DL-methionine supplementation or not in broilers. Apparently methionine deficiency in these diets of torula yeast does not affect the production of proteolytic enzymes. Therefore, differences in N digestibility in diets with high levels of torula are mainly caused by inner characteristics of this protein source. It is important to point out that the nitrogen from the wall remains in a medium resistant to enzyme action (Carrillo 1971), and the nitrogen from nucleic acids is less digestible than the one from protein.

Studies conducted in poultry did not allow to determine the real use of nitrogen in this species. Therefore, Tillán *et al.* (1986) studied the apparent digestibility of N and DM in diets with the inclusion

comportamiento productivo de pollos de ceba de potencial de crecimiento lento, sugirió niveles de hasta 20 %, valores superiores deterioraban la ganancia y la conversión alimentaria, además de la humedad y consistencia pegajosa que presentaron las excretas. Precisamente, Álvarez (1976c) estipuló que un aspecto que se debía tener en cuenta al incluir torula en las raciones de las aves, era su elevado contenido en NNP (12 % del Nt expresado como ácidos nucleico) y otro, su bajo valor biológico. En relación con lo primero, el nitrógeno de las bases púricas no se utiliza por el animal, y el ácido úrico es el producto final del catabolismo, por lo que al aumentar su concentración en sangre, el ave reacciona incrementando el consumo de agua, la actividad del riñón aumenta y se libera el exceso de ácido úrico. El resultado final es mayor humedad en las excretas, cuando se incluye torula por encima de 20 % de la MS de la dieta y empeoramiento de los indicadores productivos.

Álvarez y Valdivié (1980) para corroborar los resultados anteriores determinaron el efecto de la inclusión de 0, 10, 20 y 30 % de levadura torula en la EM y retenciones aparentes de la MS y N en pollos de ceba. No hallaron diferencias significativas en la EM entre tratamientos. Sin embargo, las retenciones aparentes de MS y N disminuyeron a partir del 20 % de inclusión de torula.

Estos resultados difieren de lo planteado anteriormente por Valdivié (1976). La baja utilización del nitrógeno a partir de 20 % de inclusión de la levadura, se pudiera deber al elevado contenido de ácidos nucleicos ya citado. Otro factor limitante pudiera ser no suplementar con DL-metionina, aminoácido deficiente en la levadura torula, en el caso de las dietas formuladas por Álvarez y Valdivié (1980), en contraste con la respuesta favorable a la suplementación obtenida por Valdivié (1976). Sin embargo, esto último se descartó en las investigaciones de Tillán *et al.* (1984), quienes encontraron que las actividades enzimáticas de la proteasa y la tripsina eran similares, al suplementar o no los pollos de ceba con DL-metionina. Al parecer, la deficiencia de metionina en estas dietas de levadura torula, no afecta la producción de enzimas proteolíticas. De ahí que las diferencias en la digestibilidad del N en dietas con altos niveles de torula, se deban, más bien, a características propias de esta fuente proteica. Hay que señalar que el nitrógeno de la pared permanece en un medio resistente a la acción enzimática (Carrillo 1971) y el nitrógeno de los ácidos nucleicos es menos digestible que el proteico.

Los estudios realizados en aves no permitieron determinar la utilización real del nitrógeno en esta especie, por lo que Tillán *et al.* (1986) estudiaron la digestibilidad aparente del N y la MS en dietas donde se incluyó 0, 10, 20 y 27 % de levadura torula, en sustitución de la soya. Como resultado, hallaron que la digestibilidad de estos indicadores disminuyó significativamente a partir del nivel de 10 % de levadura en la dieta, lo que se pudiera relacionar con la mayor ingestión de agua que realizan las aves que recibieron niveles altos de

of 0, 10, 20 and 27% of torula yeast, for replacing soy bean. As a result, they found that the digestibility of these indicators decreased significantly after 10% of yeast in the diet, which could be related to the high water intake of the birds that received high levels of torula yeast. These authors also found a high relation ($r=0.83$) between water intake and urine excretion. This supports the studies of Lon-Wo and Valdivié (1981), who found a negative relationship between water intake and DM percentage in the excretions.

Considering the increase of prices of sugar cane molasses and its derivative products in the market, researchers evaluated the possibility of using fresh and ground sugar cane meal, without processing, for feeding pigs, in substitution of cereals. Nutritional studies were conducted by Lamazares *et al.* (1988) and demonstrated that the inclusion of up to 30% of dehydrated sugar cane meal in the diets for pre-fattening pigs for replacing cereals could be feasible, without changing the productive indicators or feed costs per increased kilogram. Sugar cane meal was obtained by steam dehydration method. Before that, the clean sugar cane was grinded in a mill, without any straw or bud, dried for 6 to 8 h, and, finally, it was grinded.

Undoubtedly, the inclusion of fibrous feeds on diets for pigs, especially in the pre-fattening stage, raises questions as to their effect on the digestive physiology. Thus, researches on the pattern index of intake (Rodríguez *et al.* 1989) were performed in the fifth week after weaning, and digestive indexes (Rodríguez *et al.* 1991), from five to nine weeks after weaning, in pre-fattening pigs receiving 0, 20 and 40% of dehydrated sugar cane meal in diets. As a result, intake, speed and frequency of ingestion decreased significantly with the highest level of inclusion of dehydrated sugar cane meal. The level of ingestion and energy dilution were interrelated ($r = 0.71$, $P < 0.001$). The inclusion of 20% of dehydrated sugar cane meal did not influence on the intake pattern of pigs. The analysis of digestive indexes (digesta distribution, pH and fermentation of SCFA) in pigs of nine weeks after weaning, receiving 20 and 40% of sugar cane meal in place of cereals in the diet, indicated a faster pre-caecal evolution with the ingestion of sugar cane meal. It also suggested that the inclusion of 20 and 40% of sugar cane meal did not affect the level of fermentation in the tract, nor apparently caused changes in the pH of the digestive content. The previous information confirmed the results of Lamazares *et al.* (1988) with an inferior level (20%) of dehydrated sugar cane meal in the diets of pre-fattening pigs, and adequate productive performance was achieved.

Dihigo *et al.* (2001) analyzed the effect of the inclusion of sugar cane meal (0, 15, 30 and 45%) with a control diet based on alfalfa-maize-soy bean, which covered the requirements in the morphometric aspects of the gastrointestinal tract, internal organs and digestive content of the stomachs and caeca of rabbits. It was

levadura torula. Estos autores encontraron también una alta relación ($r= 0.83$) entre el consumo de agua y la excreción de orina. Esto apoya los trabajos de Lon-Wo y Valdivié (1981), quienes encontraron una relación negativa entre la ingestión de agua y el porcentaje de MS en las excretas.

Al considerar el incremento del precio de las mieles de caña y sus derivados en el mercado, se pensó en valorar la utilización de la harina de caña fresca, y molida sin procesar para la alimentación porcina en sustitución de los cereales. Los estudios nutricionales se condujeron por Lamazares *et al.* (1988) y demostraron que era factible la inclusión de hasta 30 % de harina de caña deshidratada en las dietas para preceba porcina en sustitución de los cereales, sin que se alteraran los indicadores productivos, ni los costos de alimentación por kilogramo de aumento. La harina de caña se obtuvo mediante el método de deshidratación al vapor, luego de triturar en un molino la caña limpia, sin paja ni cogollo, secarla de 6 a 8 h, y finalmente molerla.

Indudablemente, la inclusión de alimentos fibrosos en las dietas de los cerdos, sobre todo en la categoría preceba, plantea interrogantes en cuanto a su efecto en el fisiologismo digestivo. Así, se realizaron investigaciones sobre índice de patrón de consumo (Rodríguez *et al.* 1989) en la quinta semana post-destete y los índices digestivos (Rodríguez *et al.* 1991), de la quinta a la novena semana post-destete, en cerdos de preceba que recibieron 0, 20 y 40 % de harina de caña deshidratada en las dietas. Se obtuvo que, tanto el consumo como la velocidad y frecuencia de ingestión disminuyeron significativamente con el máximo nivel de inclusión de harina de caña deshidratada. El nivel de ingestión y la dilución energética estuvieron interrelacionados ($r=0.71$, $P < 0.001$). La inclusión de 20 % de la harina deshidratada de caña no influyó en el patrón de consumo de los cerdos. El análisis de los índices digestivos (distribución de la digesta, pH y fermentación de AGCC) en cerdos de nueve semanas post-destete, que recibieron 20 y 40 % de harina de caña en sustitución de los cereales en la dieta, indicó evolución prececal más rápida con la ingestión de harina de caña. Además, sugirió que la inclusión de 20 y 40 % de harina de caña no afectó el nivel de fermentación en el tracto, ni provocó aparentemente cambios en el pH del contenido digestivo. Lo anterior corroboró los resultados de Lamazares *et al.* (1988) con nivel inferior (20 %) de harina de caña deshidratada en las dietas de preceba porcina y se logró un comportamiento productivo adecuado

Dihigo *et al.* (2001) analizaron el efecto de la inclusión de harina de caña (0, 15, 30 y 45 % con una dieta control basada en alfalfa-maíz-soya, que cubría los requerimientos en la morfometría del tracto gastrointestinal, los órganos internos y el contenido digestivo de los estómagos y ciegos de los conejos. Se concluyó que la inclusión de harina de caña en la

concluded that the inclusion of sugar cane meal on the diet had a negative effect on the caecal contents, and that the inclusion of more than 15% of sugar cane meal negatively influenced on the weight of stomach and liver.

dieta tuvo efecto negativo en el contenido cecal, y que la inclusión de más de 15 % de harina de caña influyó negativamente en el peso del estómago y del hígado.

DIGESTIVE AND METABOLIC ASPECTS OF THE USE OF NEW FEEDS DERIVED FROM SUGAR CANE AND ITS BY-PRODUCTS, SUBJECT TO BIOTECHNOLOGICAL PROCESSES

ASPECTOS DIGESTIVOS Y METABÓLICOS DE LA UTILIZACIÓN DE NUEVOS ALIMENTOS OBTENIDOS A PARTIR DE LA CAÑA DE AZÚCAR Y SUS SUBPRODUCTOS, SOMETIDOS A PROCESOS BIOTECNOLÓGICOS

From the 90's of last century, the economic crisis in Cuba worsened and became more difficult the acquisition of raw materials for feed production, mainly for non-ruminant species, which, due to their digestive physiology, need cereals such as maize and proteins like soy bean, in order to achieve appropriate growth rates. Therefore, the development of feed resources with domestic alternatives was very important. Elías *et al.* (1990), considering the abundant amount of nutritional elements within sugar cane and its by-products, developed a technology based on solid state self-fermentation of sugar cane, with the addition of urea and mineral salts. The process consisted on transforming the food energy source in a product enriched with available carbohydrates and nitrogen precipitating to tri-chloride acetic acid (TCA), through a physical and biological process where the microorganisms of sugarcane had an important function. The result was a new protein-energy food, called Saccharina.

As the most relevant aspects of its bromatological composition, these authors found that the product reached between 11 and 16% of CP, superior to the values of cereals such as maize or wheat, and 16 MJ/kg DM of gross energy. The levels of CF ranged between 24 and 25% of the product and most of the CF consisted on cellulose and hemicellulose. This fact led to nutritional studies, where levels of inclusion were valued as a replacement of cereals in different species: 30% in the feed for post-weaning piglets (Lezcano *et al.* 1990), 60% of cereals from the supplement in diets based on B molasses for pigs (Castro *et al.* 1990), 100% of the cereals for pregnant sows (Díaz *et al.* 1991), 30% in starter diets for geese, and between 40 and 60% in finishing diets for replacing cereals (Valdivié *et al.* 1990a), and 10% of Saccharina as the limit of inclusion in feed for broilers from 28 to 54 d (Valdivié *et al.* 1990b).

The first physiological studies were conducted by Ly *et al.* (1991), in order to determine the nitrogen and energy balance in pigs fed with variables levels of Saccharina (0, 20, 40 and 60% of the diet under dry basis) include on cereal diets. These authors found that, with the increase of Saccharina in the diet, energy and N digestibility, as well as nitrogen retention and energy, expressed as intake percentage, significantly

A partir de la década del 90 del siglo pasado, se agudizó la situación de crisis económica en Cuba y se hizo más difícil la adquisición de materias primas para la elaboración de piensos, sobre todo para las especies monogástricas, que por su fisiologismo digestivo, necesitan de cereales como el maíz y proteínas como la soya para lograr velocidades de crecimiento adecuadas. Por ello, era de gran importancia la elaboración de piensos con recursos alternativos nacionales. Elías *et al.* (1990), al considerar la abundante cantidad de materias alimenticias en forma de caña de azúcar y sus subproductos, desarrollaron una tecnología basada en la fermentación en estado sólido de la caña, con la adición de urea y sales minerales. El proceso consistió en transformar la fuente energética alimenticia en un producto rico en carbohidratos disponibles y nitrógeno precipitable al ácido tricloro acético (TCA) mediante un proceso físico-biológico en el que tenían una función importante los microorganismos de la caña de azúcar. El resultado fue un nuevo alimento proteico-energético, denominado Saccharina.

Como aspectos más relevantes de su composición bromatológica, estos autores hallaron que el producto alcanzaba valores de PB entre 11-16 %, superiores a los de los cereales como el maíz o el trigo, y la energía bruta cifras de 16 MJ/kg MS. Los niveles de FB variaban entre 24 y 25 % del producto y la mayor parte de aquella estaba formada por celulosa y hemicelulosa. Lo anterior condujo a la ejecución de estudios nutricionales, donde se valoraron los niveles de inclusión en sustitución de los cereales en diferentes especies: 30 % en el pienso de lechones posdestete (Lezcano *et al.* 1990), 60 % de los cereales del suplemento en dietas basadas en miel B para cerdos (Castro *et al.* 1990), 100 % de los cereales en cerdas gestantes (Díaz *et al.* 1991), 30 % en dietas de inicio en gansos, y entre 40 y 60 % en las de acabado en sustitución de los cereales (Valdivié *et al.* 1990 a) y 10 % de saccharina, como límite máximo de inclusión en piensos para pollos de ceba de 28 a 54 d (Valdivié *et al.* 1990 b).

Los primeros estudios fisiológicos conducidos por Ly *et al.* (1991) para determinar el balance de nitrógeno y energía en cerdos alimentados con niveles variables de Saccharina (0, 20, 40 y 60 % de la dieta en base seca) incluida en dietas de cereales. Estos autores hallaron que con el aumento del nivel de Saccharina en la dieta, la digestibilidad del N y la energía, como la retención de nitrógeno y energía expresadas como porcentaje del consumo, decrecieron significativamente ($P < 0.001$).

decreased ($P < 0.001$). However, retention expressed as a digestion percentage had less importance for nitrogen ($P < 0.05$) and none for energy. The decrease of nitrogen and energy digestibility is related to the increase of cell wall content. It is known that fiber decreases digestive utilization of energy, which is the immediate cause of these results. The fact that there was no effect of treatment on digested energy retention suggests that the main difference in the energy balance, between cereal and Saccharina diets, lies on its digestive use. This fact implied a change of starch (cereals) per sucrose and cell wall (Saccharina), which modifies the extent and location of fermentation of different types of carbohydrates, with an increase of their function in the large intestine and the native micro-flora in the digestion of different fiber fractions.

The analysis of the previous results suggests that the N digestibility and energy could be the main nutritional limiting aspect for including large amounts of Saccharina on cereal diets for pigs. This was confirmed by Díaz *et al.* (1992), who assessed the digestibility of energy after replacing feedstuff wheat by 20, 40 and 60% of Saccharina, but in a feeding system that included B molasses as an energy source for developing females. These authors observed the negative effect of Saccharina on energy digestibility, so they recommended the increase of the energy level of diets, when more than 20% of feedstuff wheat is replaced by Saccharina.

Subsequently, Ly and Castro (1995) studied the effect of replacing 20% of wheat meal diets (control) for different types of Saccharina, obtained under pilot plant conditions, b) from sugar cane stems, c) or industrially, from return bagasse pith and sugar cane juice, and d) or with unfermented sugarcane meal, in the balance of N and energy of growing pigs. Energy digestibility was superior in the control, while this indicator did not differ among Saccharina treatments. There was also no effect of treatment on nitrogen balance, retention expressed as intake percentage and digestion. The results of energy balance confirm the previously obtained by Ly *et al.* (1991). Regarding the status of N, like the results of the authors, there was a redistribution of the routes for removing nitrogen, probably due to differences among treatments regarding the level of dietary fiber. It was concluded that the inclusion of Saccharina on the diet has more influence on the digestive use of energy than in the dietary N for pigs, if the inclusion of this product reaches 20% of the food.

In order to determine protein quality and energy value on diets containing Saccharina for pigs, Ly (1999) performed two experiments. The first experiment was conducted with ileo-rectomized animals and the other with intact animals, which were fed with Saccharina (0, 10 and 20%). This

Sin embargo, la retención expresada como por ciento de digestión tuvo menos importancia para el nitrógeno ($P < 0.05$) y ninguna para la energía. La disminución de las digestibilidades del nitrógeno y la energía se relaciona con el aumento del contenido de pared celular. Se conoce que la fibra hace disminuir el aprovechamiento digestivo de la energía, lo que es la causa inmediata de estos resultados. El hecho de que no hubiese efecto de tratamiento en la retención de la energía digerida sugiere que la diferencia fundamental en el balance de energía, entre las dietas de cereales y de Saccharina, reside en su aprovechamiento digestivo. Lo anterior implicó un cambio de almidón (cereales) por sacarosa y pared celular (Saccharina), que modifica la extensión y el lugar de fermentación de los distintos tipos de carbohidratos, con aumento de la función que desempeñan el intestino grueso y la microflora indígena en la digestión de las diferentes fracciones de fibra.

El análisis de los resultados anteriores sugiere que la digestibilidad del N y la energía podrían ser las principales limitantes nutricionales para la incorporación de grandes cantidades de Saccharina a las dietas de cereales para cerdos. Esto se corroboró por Díaz *et al.* (1992), al valorar la digestibilidad de la energía, cuando sustituyeron el trigo del pienso por 20, 40 y 60 % de Saccharina, pero en un sistema de alimentación que incluía la miel B como fuente energética para hembras en desarrollo. Estos autores observaron el efecto negativo de la Saccharina en la digestibilidad de la energía, por lo que recomendaron incrementar el nivel de energía de la dieta, cuando se sustituye más del 20 % del trigo del pienso por Saccharina.

Posteriormente, Ly y Castro (1995) estudiaron el efecto de sustituir 20 % de dietas de harina de trigo (control) por diferentes tipos de Saccharina, obtenidos en condiciones de planta piloto, b) a partir de tallos de caña, c) o de manera industrial, a partir de bagacillo de retorno y guarapo y d) o con harina de caña sin fermentar, en el balance de N y energía de cerdos en crecimiento. La digestibilidad de la energía fue mayor en el control, en tanto que este indicador no difirió entre los tratamientos de Saccharina. Tampoco hubo efecto de tratamiento en el balance de nitrógeno, en la retención expresada como por ciento del consumo y la digestión. Los resultados del balance de energía confirman lo obtenido previamente por Ly *et al.* (1991). En lo referente al status del N, al igual que lo obtenido por los autores, se halló redistribución de las rutas de eliminación del nitrógeno, debido probablemente a diferencias entre tratamientos por el nivel de fibra dietética. Para concluir consideraron que la inclusión de Saccharina en la dieta influye más en el aprovechamiento digestivo de la energía que en el N dietético por parte de los cerdos, si la inclusión de este producto alcanza 20 % del alimento.

Con vistas a determinar la calidad de la proteína y el valor de la energía en las dietas que contenían Saccharina para cerdos, Ly (1999) realizó dos experimentos: uno con animales ileorrectomizados y otro con animales intactos, a los que suministró Saccharina (0, 10 y 20 %), y observó reducción significativa de la digestibilidad

author noted a significant reduction in ileal and total nutrient digestibility, and energy with the increase of Saccharina on the diet. The reduction of nitrogen digestibility in the digestive tract is possibly caused by the increased of bacterial protein synthesis in the caecum and colon. This implies a reduction of non-amino acid nitrogen absorption in the large intestine, which is not useful to the host.

A relevant aspect is that Saccharina caused reduction in the contribution of the large intestine to the total digestion of crude fiber. This means that the biotransformation process, carried out in the stems of sugar cane, had a positive influence on the use of cellulose during pre-caecal digestion, although it is known that fiber degradation does not normally occur in the small intestine of pigs. In addition, the reduction of ileal and total digestibility was accompanied by a tendency towards the increase of daily ileal flow digesta and feces, together with ileal and fecal flow of short chain fatty acids and ammonia, which is a phenomenon attributed to the level of crude fiber in the diet for pigs. It is important to mention the high microbial activity determined by Saccharina in the digestive tract of these animals. In this regard, Rodríguez *et al.* (2000) found that cellulolytic activity in the caecum of pigs depends on the fiber level and its physical and chemical composition, and it caused by the cellulolytic fungi, and not by bacteria. It means that high levels of fiber in diets that include Saccharina, affect the counts of caecal cellulolytic fungi and the specific activity of cellulase enzyme complex in pigs. Rodríguez *et al.* (2001) confirmed this statement in further studies.

The results confirmed the need for low levels of Saccharina in pig diets, in order to avoid a negative effect on nutrient digestibility, which is more remarkable, from an energy point of view, than that of nitrogen in the entire process of digestion of Saccharina in pig diets.

Marrero *et al.* (1995) and Marrero (1998) analyzed the implications of the use a food with high fiber content, as Saccharina, on poultry physiology. So, these authors determined apparent retentions of DM, N, energy and cell wall components of the plant in broilers consuming different levels (0, 5, 10 and 15%) of industrial Saccharina for replacing maize in diets. Apparent retention of dry matter (ARDM) and apparent retention of neutral detergent fiber (ARNDF) decreased in the diet with 15%, compared to the remaining treatments, while the highest value was obtained in 10% of inclusion of Saccharina. Similar to the results in pigs, the apparent retention of nitrogen (ARN) did not differ among treatments, but the ME decreased as the fiber increased in the diet. The results suggest the use of up to 10% of Saccharina in the ration, so the apparent retentions of nutrients

ileal y total de nutrientes y energía con el incremento del nivel de Saccharina en la dieta. La reducción de la digestibilidad del nitrógeno en el tracto digestivo se debe, posiblemente, al incremento de la síntesis de proteína bacteriana en el ciego y colon, lo que implica reducción de la absorción de nitrógeno no aminoacídico en el intestino grueso, el cual no es útil al huésped.

Como aspecto relevante se debe citar que la Saccharina causó reducción de la contribución del intestino grueso a la digestión total de la fibra cruda. Esto significa que el proceso de biotransformación llevado a cabo en los tallos de la caña de azúcar influyó positivamente en la utilización de la celulosa durante la digestión prececal, aunque se sabe que la degradación de la fibra no ocurre normalmente en el intestino delgado de los cerdos. Además, la reducción de la digestibilidad ileal y total se acompañó por una tendencia hacia el incremento del flujo ileal diario de digesta y heces, conjuntamente con el flujo ileal y fecal de los ácidos grasos de cadena corta y el amoníaco, fenómeno que se atribuye al nivel de fibra bruta en la dieta de los cerdos. Hay que destacar la elevada actividad microbiana que determinó la Saccharina en el tracto digestivo de estos animales. Al respecto, Rodríguez *et al.* (2000) hallaron que la actividad celulolítica en el ciego de los cerdos depende del nivel de fibra y su composición físico-química, y que se debe a los hongos celulolíticos presentes, y no a las bacterias. Es decir, niveles altos de fibra en dietas que incluyan Saccharina afectan los conteos de hongos celulolíticos cecales y la actividad específica del complejo enzima celulasa en los cerdos. En un trabajo posterior, Rodríguez *et al.* (2001) reafirmaron esta aseveración.

Los resultados hallados confirmaron la necesidad de utilizar bajos niveles de Saccharina en las dietas de los cerdos, si se quiere evitar el efecto negativo en la digestibilidad de nutrientes, que es más notable desde el punto de vista energético que el del nitrógeno en el proceso completo de digestión de la Saccharina en las dietas de cerdos.

Marrero *et al.* (1995) y Marrero (1998) analizaron las implicaciones en el fisiologismo de las aves de la utilización de un alimento con alto contenido fibroso como es la Saccharina. Así, determinaron las retenciones aparentes de MS, N, energía y componentes de la pared celular de la planta en pollos de ceba que consumían diferentes niveles (0, 5, 10 y 15%) de Saccharina industrial en sustitución del maíz en las dietas. La retención aparente de materia seca (RAMS) y la retención aparente de fibra detergente neutro (RAFND) disminuyeron en la dieta del 15 %, en comparación con los tratamientos restantes, mientras que el valor más alto se obtuvo con 10 % de inclusión de Saccharina. De forma similar a lo obtenido en los cerdos, la retención aparente de nitrógeno (RAN) no difirió entre tratamientos, pero la EM disminuyó en la medida que se incrementaba la fibra en la ración. Los resultados obtenidos sugieren utilizar hasta 10 % de Saccharina en la ración, para que no se afecten las retenciones aparentes de los nutrientes.

are not affected.

Rodríguez *et al.* (1996) isolated cellulolytic fungi in the caecum of broilers consuming different levels of fiber provided by Saccharina. This discovery is very important because, until that moment, the main difference between ruminal and caecal flora, and the functioning of both organs, was the absence of fungi and protozoa in non-ruminant species.

The finding of these microbial species in the large intestine completes the possibilities of fiber digestion at this level, which could be important for performing specific nutritional approximations, and for achieving the accurate interpretation of phenomena taking place in the ecosystem.

Marrero *et al.* (1998) evaluated the possibility of using fecal contents of pigs to determine *in vitro* digestibility of total dietary fiber in poultry diets. There was an underestimation of the digestibility of CP, DM and energy, when compared to the values obtained *in vivo*. The apparent digestibilities of NDF were similar to those obtained by Marrero *et al.* (1995) in broilers. The error was very small among the methods, only 0.99 for NDF digestibility and 69% of the values were similar. The results showed that it was possible to use pig fecal inoculum for simulating digestion studies of dietary fiber in broilers. This is probably caused by the similarity between the fecal ecosystem of pigs and poultry caecum. In addition, this *in vitro* method was cheaper, when practical conditions do not allow the work with animals.

Rodríguez *et al.* (1996) aislaron hongos celulolíticos en el ciego de los pollos de ceba que consumían diferentes niveles de fibra aportada por la Saccharina. Este descubrimiento es muy importante, porque hasta ese momento, la diferencia principal entre la flora del rumen y la cecal, y el funcionamiento de ambos órganos, era la ausencia de hongos y protozoos en las especies monogástricas.

El hallazgo de estas especies microbianas en el intestino grueso completa las posibilidades de digestión de la fibra a este nivel, que pueden ser importantes para la realización de aproximaciones nutricionales específicas, y para lograr la interpretación certera de los fenómenos que tienen lugar en este sistema ecológico.

Marrero *et al.* (1998) evaluaron la posibilidad de utilizar el contenido fecal del cerdo para determinar *in vitro* la digestibilidad total de la fibra dietética en dietas para aves. Se observó subestimación de la digestibilidad de la PB, MS y la energía, cuando se compararon con los valores obtenidos *in vivo*, en tanto que las digestibilidades aparentes de la FND fueron similares a las obtenidas por Marrero *et al.* (1995) en pollos de engorde. El error fue muy pequeño entre los métodos sólo de 0.99 para la digestibilidad de la FND y además 69 % de los valores fueron similares. Los resultados mostraron que era posible la utilización del inóculo fecal de cerdo para simular los estudios de digestión de fibra dietética en el pollo de ceba. Esto probablemente se deba a la similitud entre el ecosistema fecal del cerdo y el ciego de las aves. Además, este método *in vitro* resultó más económico, cuando las condiciones prácticas no permitan trabajar con animales.

PROTEIN SUGAR CANE JUICE AND HOMEMADE PROTEIN MOLASSES GUARAPO PROTEICO Y MIEL PROTEICA CASERA

Previous studies have stated that pig production in Cuba mainly depends on the application of feeding systems with a high proportion of national products, and, specially, with the use of low cost protein sources.

In order to fulfill these needs, Elías *et al.* (1990) reported the feasibility of obtaining new protein sources from the fermentation of sugar cane and its juice, or from sugar cane molasses (B molasses), with the addition of 2 % of urea and mineral pre-mixture. The products were called protein sugar cane juice "Guarapó" (GP) and homemade protein molasses (MPC), respectively.

The first studies on the effect of GP on morphometric indicators of digestive organs from the gastrointestinal tract and pig accessories during the first period of pre-fattening (post-weaning) were conducted by Savón *et al.* (1993). These authors found that the inclusion of up to 30% of protein sugar cane juice on DM of the diet during the initial period of pre-fattening (up to four weeks after weaning), did not cause significant changes on the morphometric indicators of reserve organs and accessories of the gastrointestinal tract.

Con anterioridad se ha reiterado que la producción porcina en Cuba depende, fundamentalmente, de la aplicación de sistemas de alimentación con alta proporción de productos nacionales, y muy especialmente de la utilización de fuentes proteicas de bajo costo.

Para responder a estas necesidades, Elías *et al.* (1990) informaron la factibilidad de obtener nuevas fuentes proteicas, a partir de la fermentación de la caña y el guarapo o de las mieles de caña (miel B), con la adición de 2 % de urea y premezcla mineral. Los productos obtenidos se denominaron Guarapo Proteico "Guarapó" (GP) y Miel Proteica Casera (MPC), respectivamente.

Los primeros estudios sobre el efecto del GP en indicadores morfométricos de los órganos digestivos del tracto gastrointestinal y accesorios de cerdos en el primer período de la preceba (pos-destete) los condujeron Savón *et al.* (1993). Estos investigadores hallaron que la inclusión de hasta 30 % de guarapo proteico en la MS de la dieta en el período inicial de la preceba (hasta cuatro semanas posdestete), no ocasionaba cambios apreciables de los indicadores morfométricos de los órganos reservorios y accesorios del tracto gastrointestinal. Lo anterior corroboró las recomendaciones de Díaz *et*

This fact confirmed the recommendations of Díaz *et al.* (1992), who suggested to provide up to 30% of GP to pigs during the first stage after weaning, with no differences on production indicators such as daily mean gain (g) and conversion (kg DM/kg of gain).

Savón *et al.* (1995a) conducted several studies to understand the implications of ingesting diets with a high inclusion of an unconventional food on nitrogen metabolism of growing pigs. Therefore, these authors replaced 0, 50 and 75% of the protein in feedstuffs for homemade protein molasses and increased fecal nitrogen compounds, leading to low digestive utilization of nitrogen. An interesting fact is that nitrogen retention, from a metabolic point of view, had no variations among treatments. After analyzing the urinary excretion, it increased with the inclusion of homemade protein molasses, which corresponded with the increase of dietary nitrogen intake. The increase of homemade protein molasses in the ration provoked a lower contribution of available protein. As a conclusion, the authors suggested that it is possible to increase the use efficiency of digested nitrogen in growing pigs consuming low levels of available protein, as the one provided by this product.

However, the protein digested in the large intestine does not contribute to protein synthesis within the animal, so the analysis of digestibility in the ileum is suggested, because it provides better prediction of the value of final use of the protein than fecal data. Considering this fact, Savón and González (1995) evaluated the digestive process and efficiency use of DM and N in the ileum and feces in pigs fed homemade protein molasses as a substitute for soybean in a B molasses system plus feedstuff. As a result, the homemade protein molasses generated an increase of the flow of digesta in the ileum, which determines a lower digestive use of DM and N. Likewise, Savón and González (1996) also analyzed the digestion of other nutrients, such as OM and ashes, and found that the homemade protein molasses generated an increase of OM flow, and, to a less extent, of ashes, while the digestive utilization could diminish in the large intestine.

In other study, Savón *et al.* (1997) evaluated the use efficiency of MPC and molasses-urea-superphosphate mixture without fermentation, using blood and biological performance of protein metabolism in pigs. Results suggested that the use of molasses-urea-superphosphate mixture without fermentation was not advisable for pigs, and that there was no effect on the productive performance and on blood figures of protein metabolism, when it was replaced by half of the protein provided by soy bean, per homemade protein molasses in a system that included B molasses as energy source. An interesting fact is that these authors observed a remarkable increase (almost the double) of serum urea concentration after replacing half of soy bean by homemade protein

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 49, Number 3, 2015
al. (1992) de suministrar hasta 30 % de GP a cerdos en la primera etapa posdestete, sin diferencias en los indicadores productivos, como la ganancia media diaria (g) y la conversión (kg MS/kg aumento).

Savón *et al.* (1995a) realizaron varias investigaciones para conocer las implicaciones que pudiera tener en el metabolismo del nitrógeno de cerdos en crecimiento, la ingestión de dieta con alta incorporación de un alimento no convencional. Para ello sustituyeron 0, 50 y 75 % de la proteína del pienso por miel proteica casera y originaron incremento de los compuestos nitrogenados fecales, lo que condujo a la menor utilización digestiva del nitrógeno. Un hecho interesante es que la retención de nitrógeno desde el punto de vista metabólico no varió entre tratamientos. Al analizar la excreción urinaria, esta se incrementó con la inclusión de miel proteica casera, lo que se correspondió a su vez con el aumento del consumo de nitrógeno dietético. El incremento de miel proteica casera en la ración condicionó menor aporte de proteína utilizable. Como conclusión, los autores sugirieron que es posible aumentar la eficiencia de utilización del nitrógeno digerido en cerdos en crecimiento que consumen bajos niveles de proteína utilizable, como la aportada por este producto.

Sin embargo, la proteína digerida en el intestino grueso, no contribuye a la síntesis de proteína en el animal, por lo que se sugiere analizar la digestibilidad en el íleon, porque suministra mejor predicción del valor de la utilización final de la proteína que los datos fecales. Al considerar lo anterior, Savón y González (1995) evaluaron el proceso digestivo y la eficiencia de utilización de la MS y N en el íleon y las heces en los cerdos que recibieron miel proteica casera como sustituto de la soya en un sistema miel B + pienso. Como resultado, se obtuvo que la miel proteica casera originaba incremento del flujo de la digesta en el íleon, que condiciona menor utilización digestiva de la MS y el N. Asimismo, Savón y González (1996) también analizaron la digestión de otros nutrientes, como la MO y cenizas, y hallaron que la miel proteica casera originaba incremento en el flujo de la MO y, en menor medida, de las cenizas, a la vez que pudiera disminuir el aprovechamiento digestivo en el intestino grueso.

En otro trabajo, Savón *et al.* (1997) evaluaron la eficiencia de utilización de la MPC y la mezcla miel-urea-superfosfato sin fermentar mediante indicadores de comportamiento biológico y sanguíneo del metabolismo proteico en cerdos. Los resultados sugirieron que no es recomendable el uso de la mezcla miel-urea superfosfato sin fermentar para el ganado porcino, y que no hubo efecto en el comportamiento productivo y en las cifras sanguíneas del metabolismo proteico, cuando se sustituyó por la mitad de la proteína aportada por la soya por miel proteica casera en un sistema que incluía miel B como fuente energética. Como aspecto interesante, estos autores observaron incremento notable (casi el doble) en la concentración de urea sérica, cuando se sustituyó la mitad de la soya por miel proteica casera, pero sin diferencia entre tratamientos.

molasses without differences among treatments.

The previous results led Savón *et al.* (1999a) to study the protein quality of homemade protein molasses. Therefore, these authors analyzed different indicators of N metabolism, such as apparent biological value of protein, retained N/digested N, urea concentration in serum and fractioning of urinary nitrogen, which contributes to a better interpretation of these results, when a product of microbial origin was included on the diet. This way, after evaluating 0, 25, 50 and 75 % of substitution of soy bean protein for MPC in a feeding system with raw sugar as energy source, digested nitrogen and nitrogen retention had no differences among treatments, while there was a square regression ($r = 0.98$ $P < 0.001$) between retained N/digested N (biological value) and the levels of homemade protein molasses. The analysis of urine nitrogen fractions did not show differences among fractions (g/d) for creatinine-N, alpha amino-N, ammonia-N, while the ureic-N increased ($P < 0.001$) with the level of MPC. A similar response was obtained with the concentration of serum urea.

According to these results, the partial substitution of soy bean protein for that provided by homemade protein molasses generates a decrease of the (apparent) biological value and, therefore, of the quality of this nutrient in rations based on raw sugar.

Los resultados anteriores condujeron a Savón *et al.* (1999a) a estudiar la calidad proteica de la miel proteica casera, para lo que analizaron diferentes indicadores del metabolismo del N, como el valor biológico aparente de la proteína, el N retenido/N digerido, la concentración de urea en el suero y el fraccionamiento del nitrógeno urinario, que contribuye a una mejor interpretación de estos resultados, cuando se incluyó un producto de origen microbiano en la dieta. Así, al valorar 0, 25, 50 y 75 % de sustitución de la proteína de la soya por MPC en un sistema de alimentación con azúcar crudo como fuente energética, el nitrógeno digerido y la retención de nitrógeno no difirieron entre tratamientos, en tanto que se obtuvo una regresión cuadrática ($r = 0.98$ $P < 0.001$) entre N retenido/N digerido (valor biológico) y los niveles de miel proteica casera. El análisis de las fracciones nitrogenadas en la orina no mostró diferencia entre las fracciones (g/d) para N-creatinina, N-alfa amino, N- amoniacal, mientras que el N-ureico se elevó ($P < 0.001$) con el nivel de MPC. Una respuesta similar se obtuvo con la concentración de urea sérica.

De acuerdo con estos resultados, se sugirió que la sustitución parcial de la proteína de la soya por la que aporta la miel proteica casera, condiciona disminución del valor biológico (aparente) y por tanto, de la calidad de este nutriente en raciones basadas en azúcar crudo.

PHYSIOLOGICAL ASPECTS OF THE USE OF GRAINS AND FORAGES OF SHRUBS, TREES AND TEMPORARY LEGUMES

ASPECTOS FISIOLÓGICOS DE LA UTILIZACIÓN DE GRANOS Y FORRAJES DE LEGUMINOSAS TEMPORALES, ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS

At the end of the 90's, Díaz and Padilla (1998) and Díaz (2000) started agronomical researches with temporary legumes, which were based on the scarcity of protein sources and on competence with human consumption, as well as on the increased content of protein and high yields of forages and grains. However, there is a high representation of antinutritional factors so the massive use of these plants is not possible. Some of the studied legumes were *Vigna unguiculata* (vigna), *Lablab purpureus* (dolicho), *Stizolobium aterrimum* (mucuna) and *Canavalia ensiformis* (canavalia).

In this sense, Díaz *et al.* (2001, 2002ab) compared the potential of producing forage meals, integral forages and grain meal in varieties of *V. unguiculata* of grouped maturation (INIFAT 93, Cubanita 666, and Trópico 782) and non-grouped maturation (Habana 82 and Viñales 144A), and determined their bromatological composition and content of antinutritional factors (trypsin inhibitors and tannins). These authors suggested the use of INIFAT 93, among the grouped varieties, and Habana 82, among the non-grouped ones, for running physiological and nutritional studies, with the objective of offering them as non-conventional animal feed under Cuban conditions.

A partir de finales de la década de los 90, Díaz y Padilla (1998) y Díaz (2000) comenzaron a realizar investigaciones agronómicas con las leguminosas temporales, basadas en la escasez de fuentes proteicas y en la competencia con el consumo humano, así como en el elevado contenido de proteína y altos rendimientos de forrajes y granos. Sin embargo, la presencia de factores antinutricionales conspira contra la utilización masivo de estas plantas. Entre las leguminosas estudiadas, se hallaron *Vigna unguiculata*, (vigna), *Lablab purpureus* (dolicho), *Stizolobium aterrimum* (mucuna) y *Canavalia ensiformis* (canavalia).

En este sentido, Díaz *et al.* (2001, 2002ab) compararon el potencial de producción de harinas de forrajes, forrajes integrales y harina de granos en variedades de *V. unguiculata* de maduración agrupada INIFAT 93, Cubanita 666, Trópico 782 y maduración no agrupada (Habana 82 y Viñales 144A), y determinaron su composición bromatológica y contenido de factores antinutricionales (taninos e inhibidores de tripsina). Estos autores recomendaron entre las variedades no agrupadas la INIFAT 93, y entre las no agrupadas la Habana 82 para la ejecución de estudios fisiológicos y nutricionales, con el objetivo de lograr su explotación como alimento animal no convencional en las condiciones de Cuba.

Los estudios fisiológicos con las leguminosas de

Physiological studies with grain legumes were performed by Aguirre *et al.* (1998). A negative aspect in these legumes is the instability of their amino acid composition, mainly in sulfur amino acids (Martínez *et al.* 1995). According to this fact, these researchers evaluated the protein quality of three raw grain meals of legumes: *Glycine maximun* (soy bean), canavalia and vigna, regarding casein as control. They also considered a diet based on albumin as control of the endogenous secretion. As a result, these authors found that protein quality was appropriate, which were determined by different indicators (biological value, true digestibility, use of net protein, used protein, rate of protein efficiency and retained nitrogen regarding the consumed one) of soy bean and raw vinga. On the other hand, the results with raw canavalia were not positive, so these researchers recommended further studies on these two protein sources.

Aguirre *et al.* (1999) evaluated the protein quality of five varieties of meals of vigna raw grains in growing rats, which received isoprotein and isoenergetic diets. These authors found no differences among them. In addition, the protein quality was similar to that of soy bean grain meal.

The previous results were later confirmed by Lon-Wo *et al.* (2001), when, in isoprotein diets for broilers, they substituted up to 30 % of protein, at expense of wheat and soy bean, for a meal of raw grains of *V. unguiculata* var. 93. In its formulation, these researches substituted up to 60 % of soy bean, with favorable economic benefits (Cino *et al.* 1999). Castro *et al.* (2002) proposed to substitute up to 20 % of soy bean meal (25 % of the protein of this legume) in growing pigs with up to 30 kg, which implied a decrease of feeding costs per ton of increase, without having negative effects of antinutritional aspects of the untreated grain.

Aguirre *et al.* (2002a) evaluated the physiological response of growing rats to the intake of meal of *V. unguiculata* var. INIFAT-93 raw grains (20, 40, 60, 80 and 100%) in substitution for the meal of commercial soy bean cake, in the morphometry and histology of digestive and accessory organs of the gastrointestinal tract. As a conclusion, these authors stated that it was possible to substitute, physiologically, up to 60 % of commercial soy bean cake for meal of *V. unguiculata* var. INIFAT-93 raw grains, without affecting the organs related to protein metabolism. A similar response was obtained (Aguirre *et al.* 2002b) after analyzing the state of protein conversion in these animals through the indicators of blood biochemistry related to this nutrient (total protein, albumin, globulin, alanine aminotransferase (ALT), and other indicators like serum cholesterol, hemoglobin, hematocrit, and total and differential leucocytes).

It can be concluded that meal of *V. unguiculata* var. INIFAT-93 raw grains is a promising source for

granos fueron conducidos por Aguirre *et al.* (1998). Un factor negativo en estas leguminosas es el desbalance en su composición aminoacídica, fundamentalmente en aminoácidos azufrados (Martínez *et al.* (1995). De acuerdo con ello, estos investigadores evaluaron la calidad proteica de tres harinas de granos crudos de leguminosas: *Glycine maximun* (soya), canavalia y vigna, con respecto a la caseína como control, y tomaron una dieta basada en albúmina como control de las secreciones endógenas. Como resultado, hallaron que la calidad proteica, determinada por diferentes indicadores en por ciento (valor biológico, digestibilidad verdadera, utilización proteína neta, proteína utilizable, razón de eficiencia proteica y nitrógeno retenido con respecto al consumido) de la soya y la vigna cruda fue adecuada, no así la de la canavalia cruda, por lo que recomendaron seguir estudios con esas dos fuentes proteicas.

Aguirre *et al.* (1999) evaluaron la calidad proteica de cinco variedades de harina de granos crudos de vigna en ratas en crecimiento, a las que se le suministraron dietas isoproteicas e isoenergéticas. Estos autores no observaron diferencias entre las mismas. Además, la calidad proteica fue similar a la de la harina de granos de soya.

Los resultados anteriores fueron confirmados posteriormente por Lon-Wo *et al.* (2001), cuando en dietas isoproteicas para pollos de ceba, lograron sustituir hasta 30 % de la proteína, a expensas del trigo y la soya, por harina de grano crudo de *V. unguiculata* var. 93. En la formulación se llegó a sustituir hasta 60 % de la soya, con beneficios económicos favorables (Cino *et al.* 1999). Castro *et al.* (2002), en cerdos en crecimiento hasta 30 kg, propusieron sustituir hasta 20 % de la harina de soya (25 % de la proteína de esta leguminosa), lo que implicó disminución del costo por concepto de alimentación por tonelada de aumento, sin señalar efectos negativos de los factores antinutricionales propios del grano sin tratar.

Aguirre *et al.* (2002a) evaluaron en ratas en crecimiento, la respuesta fisiológica del consumo de harina de granos crudos de *V. unguiculata* var. INIFAT-93 (20, 40, 60, 80 y 100%) en sustitución de la harina de torta de soya comercial, en la morfometría e histología de los órganos digestivos y accesorios del tracto gastrointestinal. Como conclusión plantearon que era posible sustituir fisiológicamente hasta 60 % de torta de soya comercial por harina de granos crudos de *V. unguiculata* var. INIFAT 93, sin que se afectaran los órganos relacionados con el metabolismo proteico. Una respuesta similar se obtuvo cuando se analizó el estado de replección proteica en estos animales mediante los indicadores de la bioquímica sanguínea relacionados con este nutriente (proteínas totales, albúmina, globulina, alanino-amino-transferasa (ALAT), y otros indicadores como el colesterol sérico, hemoglobina, hematocrito, leucocitos totales y diferenciales) (Aguirre *et al.* 2002b).

Se puede concluir a partir de estos estudios que la harina de granos crudos de *V. unguiculata* var. INIFAT 93 es una fuente promisoriosa para su utilización en dietas destinadas a pollos de ceba y cerdos en crecimiento de hasta 30 kg, como sustituta de la torta de soya con ventajas económicas.

its use in diets for broilers and growing pigs up to 30 kg, as a substitute for soy bean cake with economic advantages.

Díaz *et al.* (2002c) also stated the need of performing physiological and nutritional studies with foliage meal, forage or integral forage meals of temporary legumes. An important aspect of these sources is their high fiber content. Therefore, in order to conduct these researches, Savón (2002) analyzed the characteristics of the fiber matrix of these highly fibrous sources. These characteristics included origin, chemical composition, physical properties (particle size, solubility, volume, surface properties like capacity of water adsorption, capacity of cationic exchange and buffer capacity), and others like fermentability and viscosity, and their impact on the digestive physiology of animals consuming them. The use of suitable analytic techniques for studying chemical composition is also important and, in fact, it is a challenge for physiologists to reach a better understanding of fiber function on non-ruminant species.

This author defined the concept of “dietary fiber”, from the nutritional point of view, as a heterogeneous fraction, where the components are resistant to enzyme activity of the digestive tract. There are five main components among them. There are structural polysaccharides, constituting the cell wall of plants (homo-polysaccharides like cellulose and hetero-polysaccharides like hemicellulose and pectin) and forming insoluble carbohydrates or non-starched polysaccharides, gums, which are reserve polysaccharides and lignin, with a phenolic nature and bonds the previous groups. There are also small amounts of other compounds like dextran, inulin, polyphenols and starch. Anyway, fiber is not a simple sum of isolated compounds, but a biological unit. According to the type of plant or feed, their presence will vary, as well as the proportion in which they are combined with their intrinsic properties, which, at the same time, will have a great influence on the digestive physiology of animals.

Savón *et al.* (2000) characterized, through the chemical composition and physical properties, the fiber fraction of five varieties of *V. unguiculata* foliage meal for feeding non-ruminant species. Three of them have grouped maturation (INIFAT 93, Cubanita 666 and Trópico) and two have non-grouped maturation (Habana 82 and Viñales 144 A). As a result, INIFAT 93 showed the highest digestive potentiality due to the low content of cell wall (NDF) and lignin, the lowest solubility of its fiber fraction and low packing volume regarding the other varieties.

Another important aspect for including forage meals in diets of non-ruminant species is the determination of digestibility of its fiber fractions. Martínez *et al.* (2003) analyzed the possibility of including *V. unguiculata* var. Blanca on poultry diets. Therefore, these authors determined *in vitro* total

Díaz *et al.* (2002c) también plantearon la necesidad de realizar estudios fisiológicos y nutricionales con harina de follaje, forraje o harina de forraje integrales de leguminosas temporales. Un aspecto notorio de estas fuentes es su elevado contenido de fibra. Por ello, para llevar a cabo estas investigaciones, Savón (2002) analizó las características de la matriz fibrosa de estas fuentes altas en fibra. Estas incluyen el origen, composición química, propiedades físicas (tamaño de partícula, solubilidad, volumen, propiedades de superficie como capacidad de adsorción de agua, capacidad de intercambio catiónico, capacidad amortiguadora), y otras como la fermentabilidad y viscosidad, y su repercusión en el fisiologismo digestivo de los animales que las consumen. No menos importante, y que de hecho es un reto al que se enfrentan los fisiólogos para lograr mejor comprensión acerca de la función de la fibra en las especies monogástricas, es la utilización de técnicas analíticas apropiadas para estudiar la composición química.

Esta autora definió el concepto de “fibra dietética” desde el punto de vista nutricional como una fracción heterogénea, cuyos componentes son resistentes a la actividad enzimática del tracto digestivo. Entre ellos se destacan cinco componentes mayoritarios: polisacáridos estructurales que constituyen las paredes celulares de las plantas (homopolisacáridos como la celulosa y heteropolisacáridos como la hemicelulosa y pectina) que forman los carbohidratos insolubles o polisacáridos no almidones, las gomas, que son polisacáridos de reserva y la lignina, de naturaleza fenólica, que une a los grupos anteriores. También se hallan presentes cantidades pequeñas de otros compuestos, como dextrana, inulina, polifenoles y almidón resistentes. En fin, la fibra no es una simple suma de compuestos aislados, sino que es una unidad biológica. Según el tipo de planta o alimento, variará la presencia o proporción en que estos se combinan entre sí con sus propiedades intrínsecas, que a la vez influirán de manera importante en la fisiología digestiva de los animales.

Savón *et al.* (2000) caracterizaron mediante la composición química y las propiedades físicas, la fracción fibrosa de cinco variedades de harina de follaje de *V. unguiculata* para especies monogástricas, tres de maduración agrupada (INIFAT93, Cubanita 666 y Trópico) y dos de maduración no agrupada (Habana 82 y Viñales 144 A). El resultado fue que la variedad INIFAT 93 mostró la mayor potencialidad digestiva por el menor contenido de pared celular (FND) y lignina, menor solubilidad de su fracción fibrosa y menor volumen de empaclado en relación con las variedades restantes.

Otro aspecto importante para incluir las harinas de forrajes en las dietas de especies monogástricas, es la determinación de la digestibilidad de sus fracciones fibrosas. Martínez *et al.* (2003) analizaron la posibilidad de incluir *V. unguiculata* var. Blanca en las dietas de las aves, por lo que determinaron la digestibilidad total aparente de los nutrientes *in vitro* en el tiempo mediante el inóculo

apparent digestibility of nutrients during a specific time, by means of fecal inoculum of pigs. Foliage meal of *V. unguiculata* var. Blanca was recommended by Díaz (2000), after considering its bromatological composition and good agronomical yield. However, results showed that 32.54 g of this variety could be included on poultry diets, which represents 5.46 g of the protein. This suggests the increase of nutritional values through the use of physical, chemical or biotechnological methods.

Using the method of Verweaker *et al.* (1989), Dihigo (2004) performed an *in vitro* simulation of DM digestibility of foliage meal of *V. unguiculata* var. Habana 82 in the stomach of rabbits, and compared it to other fiber sources like sugar cane meal, and citric meal, as well as citroína, which is a result from the solid state fermentation of citric meal with *Aspergillus niger*. As a result, this author discovered that Habana 82 foliage meal had lower nutritional quality for its degradation in the stomach of rabbits than other foliage meals. Later, Dihigo *et al.* (2004) used caecal inoculum of rabbits and, according to the methodology proposed by Pascual *et al.* (2000), analyzed *in vitro* digestibility of DM and NDF of four forage plants (*Neonotonia wightii*, *Pennisetum purpureum*, and *Lippia dulcis*), and compared it to *V. unguiculata* var. Habana 82. These researchers also found that vigna showed lower degradability by caecal microorganisms of rabbits, and suggested further studies of biological performance to demonstrate the results.

Although *V. unguiculata* is a promising legume due to its adequate protein and mineral content, the existence of antinutritional factors may affect the efficient use of nutrients, as well the productive potentialities of animals. Phenolic compounds are some of the most abundant toxic substances in legumes. In this group, condensed tannins are the most harmful of all, from a nutritional point of view, because they reduce growth and digestibility of proteins and amino acids, provoke changes in sugar absorption, inhibit digestive enzymes and form strong and selective complexes with proteins and other macro-molecules.

Regarding the previous, Scull and Savón (2003) determined the content of total polyphenols and condensed tannins of four varieties of *V. unguiculata* (Habana 85, Cubanita 666, Trópico 762 and Viñales 144a). Habana 82 had the lowest content of total polyphenols (0.332 %) and condensed tannins (0.10 %), but all of the varieties showed potentialities for animal feeding due to the composition of phenolic compounds.

The physical and chemical characteristics of fiber fraction of other foliage meals of temporary legumes (*C. ensiformis*, *L. purpureus* and *S. atterrimun*), a shrub (*Trichantera gigantea*) and a tree (*Morus alba*) were determined by Savón *et al.* (2004), and Savón (2005)

Cuban Journal of Agricultural Science, Volume 49, Number 3, 2015
fecal del cerdo. La harina de forraje de *V. unguiculata* var. blanca se había recomendado por Díaz (2000), al considerar su composición bromatológica y su buen rendimiento agronómico. Sin embargo, los resultados mostraron que se pudiera incluir 32.54 g de esta variedad en la dieta de las aves, que representa 5.46 g de proteína. Esto sugiere que se debe incrementar el valor nutritivo mediante métodos físicos, químicos o biotecnológicos.

Dihigo (2004) simuló *in vitro*, con el método de Verweaker *et al.* (1989), la digestibilidad de la MS de la harina de follaje de *V. unguiculata* var. Habana 82 en el estómago del conejo, y la comparó con otras fuentes fibrosas (harina de caña, harina de cítrico y citroína), esta última producto de la FES de la harina de cítrico con el hongo *Aspergillus niger*. Como resultado, obtuvo que la harina de follaje Habana 82 tenía menor calidad nutricional para degradarse en el estómago de los conejos que las restantes. Posteriormente, Dihigo *et al.* (2004) utilizaron inóculo cecal de conejos y, según la metodología propuesta por Pascual *et al.* (2000), analizaron la digestibilidad *in vitro* de la MS y FND de cuatro plantas forrajeras (*Neonotonia wightii*; glicine, *Pennisetum purpureum*, king grass y *Lippia dulcis*, ramié) y la compararon con *V. unguiculata* var. Habana 82. También hallaron que la vigna era la forrajera que presentaba menor degradabilidad por los microorganismos cecales del conejo, y sugirieron realizar estudios de comportamiento biológico para comprobar estos resultados.

Ya se ha planteado que aunque *V. unguiculata* es una leguminosa promisoría por su adecuado contenido proteico y mineral, la existencia de FANs puede afectar la utilización eficiente de los nutrientes, y por tanto, las potencialidades productivas de los animales. Los compuestos fenólicos son algunas de las sustancias tóxicas más abundantes en las leguminosas. En este grupo, los taninos condensados son los más perjudiciales desde el punto de vista nutricional porque reducen el crecimiento y digestibilidad de la proteína y aminoácidos, provocan alteraciones en la absorción de azúcares, inhiben las enzimas digestivas y forman complejos fuertes y selectivos con las proteínas y otras macromoléculas.

De acuerdo con lo anterior, Scull y Savón (2003) determinaron el contenido de polifenoles totales y taninos condensados de cuatro variedades de *V. unguiculata* (Habana 85, Cubanita 666, Trópico 762 y Viñales 144a). Habana 82 fue la variedad que tuvo el menor contenido de polifenoles totales (0.332 %) y taninos condensados (0.10 %), pero todas las variedades mostraron potencialidades para la alimentación animal, por su composición de compuestos fenólicos.

Las características físico-químicas de la fracción fibrosa de otras harina de follaje de leguminosas temporales (*C. ensiformis*, *L. purpureus* y *S. atterrimun*), de una arbustiva (*Trichantera gigantea*) y una arbórea (*Morus alba*) se determinaron por Savón *et al.* (2004), en tanto que Savón (2005) analizó los que denominaron factores intrínsecos (factores antinutricionales y fibra

analyzed the intrinsic factors (antinutritional factors and dietary fiber) that, according to their chemical nature, source and origin, may have an effect on voluntary intake, flow speed, intestinal morphometry and fermentation, which influence on digestive use of nutrients. Other important factors are the extrinsic ones (fiber level and feeding system, digestion place, species, age, breed and physiological conditions). Table 2 shows some studies conducted with different fiber sources.

dietética), que de acuerdo con la naturaleza química, fuente y procedencia, pueden ejercer efecto en el consumo voluntario, velocidad de tránsito, morfometría intestinal y fermentación, todo lo que influye en la utilización digestiva de los nutrientes. Otros factores a considerar, no menos importantes, son los denominados extrínsecos: el nivel de fibra y sistema de alimentación, sitio de digestión, especie animal, edad, raza, estado fisiológico. En la tabla 2 se muestran algunas investigaciones realizadas con diferentes fuentes fibrosas.

Table 2. Evaluation of foliage meals of temporary legumes, trees and shrubs on the digestive physiology of non-ruminant species

Fiber source	Animal species	Physiological indicators	Authors
Foliage meal of <i>S. deerengiana</i>	Broilers	Apparent digestibility of N and energy	Martínez <i>et al.</i> (2007)
Foliage meal of <i>L. purpureus</i>	Broilers	Morphometric indicators of the gastrointestinal tract and accessory organs	Martínez <i>et al.</i> (2008)
Foliage meal of <i>M. alba</i> (mulberry)	Broilers	Caecal fermentative indicators	Martínez <i>et al.</i> (2010)
Foliage meal of <i>C. ensiformis</i>	Growing pigs	Apparent digestibility of DM and N, and morphometric indicators of the gastrointestinal tract	Savón (2010)
Foliage meal of <i>L. purpureus</i>	Growing pigs	Apparent digestibility of DM and N, and morphometric indicators of the gastrointestinal tract	Savón (2010)
Foliage meal of <i>S. aterrimun</i>	Growing pigs	Apparent digestibility of DM and N, and morphometric indicators of the gastrointestinal tract	Savón (2010)
Foliage meal of <i>L. purpureus</i>	Growing rabbits	Morphometric indicators	Caro (2008)

Savón *et al.* (2007) also suggested the possibility of using temporary legumes (canavalia, mucuna and dolicho) in the phenological state of integral foliage for poultry feeding, taking into account the nutritional quality of its fiber fraction, because mucuna integral foliage meal, unlike foliage meal of this temporary legume, contains no alkaloids.

In order to diminish antinutritional factors and improve the quality of fiber fraction, Díaz *et al.* (2004, 2007) proposed a simple biotechnological method: germination, in the case of legumes, in the phenological state of grains. Meanwhile, Valiño *et al.* (2004, 2014) indicated the SSF with inoculation of strains of *T. viride* (M5-2 and 137MCX.1), for legumes in the phenological states of foliages and integral foliages.

Regarding this aspect, physiological studies with germinated grains of *C. ensiformis* and *V. unguiculata*, offered to broilers, were conducted by Savón *et al.* (2013) and Martínez *et al.* (2013), respectively. These researchers concluded that the process of germination in both legumes provides the grain meals with superior

Savón *et al.* (2007) también sugirieron la posibilidad de utilizar las leguminosas temporales (canavalia, mucuna y dolicho) en el estado fenológico de follaje integral para la alimentación avícola, teniendo en cuenta la calidad nutricional de su fracción fibrosa, ya que la harina de follaje integral de mucuna, a diferencia de la harina de follaje de esta leguminosa temporal, no posee alcaloides.

Con el objetivo de disminuir los factores antinutricionales y mejorar la calidad de la fracción fibrosa, Díaz *et al.* (2004, 2007) propusieron un método biotecnológico sencillo: la germinación, en el caso de las leguminosas, en el estado fenológico de granos, en tanto que Valiño *et al.* (2004, 2014) indicaron la FES con la inoculación de cepas del hongo celulolítico *T. viride* (M5-2 y 137MCX.1), para las leguminosas en los estados fenológicos de follajes y follajes integrales.

Al respecto, los estudios fisiológicos con granos germinados de *C. ensiformis* y *V. unguiculata*, suministrados a pollos de ceba, se condujeron por Savón *et al.* (2013) y Martínez *et al.* (2013), respectivamente. Estos investigadores concluyeron que el proceso de germinación en ambas leguminosas le atribuye a las harinas de granos

nutritional quality to the raw one, so these are more digestible and useable for broilers.

It is necessary to continue the evaluation of these bio-transformed products in other poultry categories and other species like pigs and rabbits.

calidad nutricional superior a la cruda, por lo que son más digestibles y aprovechables por los pollos de ceba.

Es necesario continuar las evaluaciones de estos productos biotransformados en otras categorías avícolas y otras especies, como cerdos y conejos.

OTHER PHYSIOLOGICAL RESEARCHES ON MINERAL, ENERGY AND PROTEIN SOURCES OF NATIONAL ORIGIN

OTRAS INVESTIGACIONES FISIOLÓGICAS CON FUENTES PROTEICAS, ENERGÉTICAS Y MINERALES DE ORIGEN NACIONAL

During 50 years of development in the Cuban Journal of Agricultural Science, there have also been publications on physiological researchers with other protein energy and mineral sources of national origin, in poultry and pigs.

Álvarez and Sans (1976) found that the inclusion of high levels of rice powder (more than 30 %), for substituting maize in broilers, created a decrease of DM retention. Later, Álvarez and Sans (1984) found an increase of passage speed of digesta, which is apart from the specific activity of maltase and sucrase, and can explain the poor productive performance of these animals, after substituting maize for high levels of rice powder (Sans 1977).

Royal palm nut was another evaluated source. Ly (2000) and Ly *et al.* (2000) determined its nutritional value for growing pigs, and suggested that this feed has more values as energy component than as protein source, due to its high digestive usage of ether extract.

Regarding protein sources, Hardy and Elías (1974) developed a method for ensilaging bovine excretions with final molasses and urea. This product was evaluated as protein source in experiments with fattening pigs and female reproducers (Lezcano *et al.* 1977 and Díaz *et al.* 1979), together with its nutritional value. From a biological point of view, it is possible to provide 25 % of manure silage to growing and fattening pigs, in substitution of protein sources. Before gestation, sows cannot receive high levels of manure silage because it produces a delay on growth and on reproductive traits. There have been anatomical and pathological disorders in the liver and kidneys of pigs receiving high levels of manure silage.

Another protein source, evaluated in growing pigs, was fleshing (García and Lezcano 1987), which is a mixture of fat and meat tissue, separated from bovine skins using the tanning process. These researchers substituted protein of diets for fleshing (0, 34, 66 and 100 %) and determined the digestive use of N and its efficiency. As a result, there was a decrease of N retention while the fleshing is unstable in essential amino acids. Therefore, it should be used with quality sources and supplemented with synthetic amino acids.

The aerial part of banana (*Musa spp.*) is a very

En el transcurso de 50 años de la Revista Cubana de Ciencia Agrícola se han publicado también investigaciones fisiológicas realizadas con otras fuentes proteicas, energéticas y minerales de origen nacional, en aves y cerdos.

Álvarez y Sans (1976) hallaron que la inclusión de altos niveles de polvo de arroz (más del 30 %) en sustitución del maíz para pollos de ceba, originaba disminución de la retención de MS. Posteriormente, Álvarez y Sans (1984) encontraron aumento de la velocidad de tránsito de la digesta, que es independiente de la actividad específica de la maltasa y sacarasa, lo que debe explicar el pobre comportamiento productivo de estos animales, cuando se sustituye el maíz por altos niveles de polvo de arroz (Sans 1977).

Otra fuente evaluada fue el palmiche. Ly (2000) y Ly *et al.* (2000) determinaron su valor nutritivo para cerdos en crecimiento, y sugirieron que este alimento posee más valor como componente energético, que como fuente proteica, por el alto aprovechamiento digestivo del extracto etéreo.

En cuanto a las fuentes proteicas, Hardy y Elías (1974) desarrollaron un método para ensilar excretas bovinas con miel final y urea. Este producto se evaluó como fuente proteica en experimentos en cerdos en ceba y en reproductoras (Lezcano *et al.* 1977 y Díaz *et al.* 1979), conjuntamente con su valor nutricional. Desde el punto de vista biológico, es posible suministrar 25 % de excrementalaje a los cerdos en crecimiento y ceba, en sustitución de las fuentes proteicas. Antes de la gestación no se pueden suministrar altos niveles de excrementalaje a las cerdas porque produce retraso en el crecimiento y en los rasgos reproductivos. Se han observado desórdenes anatomopatológicos en el hígado y riñones de cerdos que reciben altos niveles de excrementalaje.

Otra fuente proteica evaluada en cerdos en crecimiento fue la carnaza (García y Lezcano 1987), que es una mezcla de tejido cárnico y graso, separado de las pieles bovinas mediante el proceso de curtido. Estos investigadores sustituyeron la proteína de la dieta por carnaza (0, 34, 66 y 100 %) y determinaron la utilización digestiva del N y su eficiencia. Como resultado obtuvieron disminución de la retención de N a medida que se incrementó la carnaza en la ración, debido a que la proteína de la carnaza está desbalanceada en aminoácidos esenciales, por lo que su utilización se debe realizar con fuentes de calidad y suplementar con aminoácidos sintéticos.

La parte aérea del plátano y del banano (*Musa spp.*)

abundant residue in tropical areas, where it is usually used as a protein source for feeding pigs and rabbits. Ly *et al.* (1998) found that ileal digestibility of nutrients decreased with the increase of foliar residues in the feeds. The inclusion of up to 20 % of these residues on molasses diets for pigs had no effect on ileal digestibility of nutrients, although the N usage of this type of biomass is not high.

Alberto *et al.* (2011) evaluated distillery vinasse as a partial substitute of the protein source for growing pigs. These authors found that it was possible to include 30 % of distillery vinasse on diets for growing pigs without affecting its physiological and metabolic composition.

Regarding mineral sources, Delgado *et al.* (1988) determined the state of macroelements (Ca, Mg and P) within the blood plasma and bones of broilers, and concluded that it was possible to completely substitute calcium carbonate for entire or ground sea shells (0.2 cm²) on the diets formulated for these birds.

Ly *et al.* (1996) also analyzed the effect of different deposits of natural zeolite in the country (Tasajeras, La Pita, Chorrillo, Piojillo and San Andrés) and found a beneficial effect of this mineral source on energy and N balance in growing pigs. Zeolite, regardless of the deposit, produced an increase of energy retention and, mainly, of N retention in feed, which could be explained by a low production of ammonia in the intestinal lumen and, mainly, by a low absorption.

In Cuba, salts of Cu and Fe have been obtained as a by-product of the mineral and metallurgic industry, and Savón *et al.* (1999) evaluated copper and iron sulfates for replacing imported sources in diets for pre-fattening pigs. These authors found that national sources had a high availability of nutrients.

Acosta *et al.* (2009) determined the relative availability of phosphorous from Trinidad de Guedes phosphoric rock (a national source of this mineral) and stated that it was similar to a high quality dicalcium phosphate. As an availability criteria, these authors measured ashes from the tibia of broilers.

es un residuo muy abundante en el trópico, donde se suele utilizar en la alimentación de los cerdos y conejos como fuente proteica. Ly *et al.* (1998) hallaron que la digestibilidad ileal de los nutrientes disminuyó al aumentar los residuos foliares en el alimento. La inclusión de hasta 20 % de estos residuos en dietas de mieles para cerdos no tuvo efecto en la digestibilidad ileal de nutrientes, aunque el aprovechamiento del N de este tipo de biomasa no es alto.

La vinaza de destilería se evaluó como sustituto parcial de la fuente proteica para cerdos en crecimiento por Alberto *et al.* (2011). Estos autores encontraron que era posible incluir 30 % de vinaza de destilería en la dieta de los cerdos en crecimiento, sin afectar su composición fisiológica y metabólica.

En cuanto a las fuentes minerales, Delgado *et al.* (1988) determinaron el estado de los macroelementos (Ca, Mg y P) en el plasma sanguíneo y en los huesos de pollos de ceba, y concluyeron que era posible sustituir completamente el carbonato de calcio por conchas marinas, molidas o enteras (0.2 cm²), en las dietas formuladas para estas aves.

También Ly *et al.* (1996) analizaron el efecto de diferentes yacimientos de zeolitas naturales existentes en el país (Tasajeras, La Pita, Chorrillo, Piojillo y San Andrés) y hallaron el efecto beneficioso de esta fuente mineral en el balance de N y energía en cerdos en crecimiento. La zeolita, independientemente del yacimiento, produjo incremento en la retención de energía y, sobre todo, de N en el alimento, lo que se podría explicar por la menor producción de amoníaco en el lumen intestinal y, sobre todo, por la menor absorción.

En Cuba se han obtenido sales de Cu y Fe como subproducto de la industria minero metalúrgica y Savón *et al.* (1999) evaluaron los sulfatos de cobre y de hierro en sustitución de las fuentes importadas en dieta para cerdos de preceba. Estos autores hallaron que las fuentes nacionales tenían alta disponibilidad de nutrientes.

Acosta *et al.* (2009) determinaron la disponibilidad relativa del fósforo de la fosforita Trinidad de Guedes (una fuente nacional de este mineral) y hallaron que es similar al del fosfato dicálcico de alta calidad, como criterio de disponibilidad midieron la cenizas de la tibia de pollos de ceba.

FINAL CONSIDERATIONS CONSIDERACIONES FINALES

According to the results, the suggestions are the following:

- Perform an inventory on non-traditional sources existing in each region of the country, which could be included as feed on rations for non-ruminant species, in order to guarantee a sustainable production system.
- Consider the availability of sources to be used as an important aspect.
- Characterize its nutritional content, taking into

De acuerdo con los resultados, se sugiere:

- Realizar un inventario de las fuentes no tradicionales que existan en cada región del país, y que pudieran incluirse como alimento en las raciones de especies monogástricas para garantizar un sistema de producción sostenible.
- Considerar, como aspecto importante, la disponibilidad de las fuentes que se van a utilizar.
- Caracterizar su contenido de nutrientes, tomando en consideración las ventajas y desventajas del alimento en cuestión.

account the advantages and disadvantages of this feed

- Consider the role of intrinsic (inherent to feed), such as antinutritional factors and high content of cell wall, and extrinsic factors (inherent to the animal) like sex age and feeding system, which influence on the digestive and metabolic use of tropical fiber sources.

- It is necessary to increase the nutritional value of non-conventional feeds through simple biotechnological processes like solid state fermentation (SSF) and germination, which produce biological changes leading to a more efficient use of feeds.

- It is essential to perform researches that analyze not only the effect of use of biotransformed or not non-conventional feeds on digestive physiology of non-ruminant species, but also to evaluate metabolic aspects that influence on its use.

- Considerar el papel de los factores intrínsecos (inherentes al alimento), como son los factores antinutricionales y alto contenido de pared celular, y los extrínsecos (inherentes al animal): sexo, edad y sistema de alimentación, que influyen en la utilización digestiva y metabólica de las fuentes fibrosas tropicales.

- Es necesario incrementar el valor nutritivo de los alimentos no convencionales mediante procesos biotecnológicos sencillos como la fermentación en estado sólido (FES) y germinación, los que producen cambios biológicos que conducen a la utilización más eficiente de los alimentos.

- Es indispensable realizar investigaciones en las que se analice no solo el efecto de la utilización de los alimentos no convencionales, biotransformados o no, en la fisiología digestiva de especies monogástricas, sino también valorar los aspectos metabólicos que influyen en su utilización.

REFERENCES

- Acosta, A., Lon-Wo, E., Cárdenas, M., Febles, M., Dieppa, O. & Almeida, M. 2009. Determination of relative phosphorus bioavailability in phosphorite from the Trinidad de Guedes deposit through tests of growth and bone mineralization in chickens and laying hens. *Cuban J. Agric. Sci.* 43:53
- Aguirre, L.A., Savón, L., Dihigo, L.E. & Santos, Y. 1999. Protein quality of raw grain meal of five *V. unguiculata* varieties in growing rats. *Cuban J. Agric. Sci.* 33:395
- Aguirre, L.A., Savón, L., Oramas, A., Dihigo, L.E. & Rodríguez, V. 1998. Protein quality of raw soybean (*Glycine max*), vigna (*Vigna unguiculata*) and canavalia (*Canavalia gladiata*) meal in growing rats. *Cuban J. Agric. Sci.* 32:75
- Aguirre, L.A., Savón, L., Santos, Y. & Dihigo, L.E. 2002a. Physiological response in rats consuming crude cowpea (*Vigna unguiculata*) grains as substitute for comercial soybean cake. Morphometry and histological analysis of the digestive organs. *Cuban J. Agric. Sci.* 37:27
- Aguirre, L.A., Savón, L., Santos, Y. & Dihigo, L. E. 2002b. Physiological response in rats consuming crude cowpea (*Vigna unguiculata*) grains meal as substitute for commercial soybean. Blood indices. *Cuban J. Agric. Sci.* 37: 33
- Alberto, M., Savón, L., Martínez, O., Mora, L & Macías, M. 2011. Balance and digestibility of nitrogen, when using distiller's vinasse as partial substitute of the protein source in growing fattening swine. *Cuban J. Agric. Sci.* 45:155
- Álvarez, R. J. 1975. Algunos aspectos bioquímicos y fisiológicos que afectan la utilización de altos niveles de miel final en pollos de ceba. PhD Thesis. Universidad de La Habana, Cuba
- Álvarez, R.J. 1976a. A note on the rate of passage of the digesta in chickens fed different levels of final molasses. *Cuban J. Agric. Sci.* 10: 169
- Álvarez, R. J. 1976b. Morphologic traits of the digestive tract of chickens fed final molasses diets. *Cuban J. Agric. Sci.* 10:305
- Álvarez, R. J. 1976c. Valor biológico y digestibilidad de la proteína de la levadura torula cubana secada por diferentes métodos. II Jornada Experimental Porcina. La Habana
- Álvarez, R. J. 1977. Metabolizable energy in final molasses diets for broilers. *Cuban J. Agric. Sci.* 11:75
- Álvarez, R. J. 1980. A note on the effect of molasses treated with heat and/or centrifugation in poultry diarrhea. *Cuban J. Agric. Sci.* 14:53
- Álvarez, R. J. 1982. Apparent retention of dry matter, organic matter and N in chickens fed final molasses. Preliminary data. *Cuban J. Agric. Sci.* 16: 85
- Álvarez, R.J. & Ly. J. 1975. Some fermentative parameters in crop and caeca of chickens fed on maize or final molasses. Preliminary data. *Cuban J. Agric. Sci.* 9:49
- Álvarez, R.J. & Sanz, M. 1976. Estudio de algunos parámetros digestivos de pollos alimentados con dietas a base de polvo de arroz. III. Seminario Instituto de Ciencia Animal. La Habana, Cuba
- Álvarez, R. J. & Sanz, M. 1984. The effect of rice polishing diets on the rate of passage and intestinal disaccharidase activity of broilers. *Cuban J. Agric. Sci.* 18:173
- Álvarez, R. J. & Valdivié, M. 1980. Metabolizable energy and nitrogen retention in torula yeast diets for broilers. *Cuban J. Agric. Sci.* 14:55
- Boucourt, R. 1979. Protein supplementation with yeast in live or dead forms in final molasses diets for growing-finishing pigs. 1. Effect on fermentative indices. *Cuban J. Agric. Sci.* 13:149
- Boucourt, R. 1982. Digestibilidad de la proteína de la levadura torula en cerdos alimentados con dietas a base de miel final de caña. PhD Thesis. ISCAH. La Habana.
- Boucourt, R. & Ly, J. 1975. Microflora and fermentation in the gastrointestinal tract of the Young pig. Bacterial population. *Cuban J. Agric. Sci.* 9:163
- Brito, L. & Álvarez, R. J. 1982. The effect of sodium sulfite and formaldehyde on the fermentative activity in the crop and

- caeca of chickens fed final molasses. Cuban J. Agric. Sci. 16:195
- Brito, L., Álvarez, R.J. & Castro, M. 1985. Apparent digestibility of fat and dry matter in pigs fed crude filter cake mud oil and final molasses. Cuban J. Agric. Sci. 19:193
- Caro, Y. 2008., Estudio del efecto de dietas de integrales de follajes de leguminosa temporales (*Lablab purpureus* y *Stizolobium niveum*) en indicadores nutricionales y morfofisiológico del conejo. Diploma paper. Univ. Agraria de la Habana, San José de las Lajas
- Carrillo, O. 1971. Yeast digestion in pigs. Master Thesis. Universidad de la Habana.
- Carrillo, O. 1973. Proteolysis of yeast in the stomach of pigs. Cuban J. Agric. Sci. 7:75
- Carrillo, O. & Benavides, M. 1971. Digestibility and rate of passage through the gastrointestinal tract of torula/molasses diets. Cuban J. Agric. Sci. 5:331
- Carrillo, O. & Boucourt, R. 1971. Influence of the cell wall on the digestibility of baker's yeast. Cuban J. Agric. Sci. 5:341
- Castro, M., Díaz, J., Castañeda, J., Báez, L., Díaz, M.F., Ly, J., Díaz, C.P., Cabrera, J. & Cino, D.M. 2002. A national alternative as protein source for growing pigs: *Vigna unguiculata* cv. INIFAT-93. Cuban J. Agric. Sci. 36:337
- Castro, M., Díaz, J., Lezcano, P., Elías, A. & Iglesias, M. 1990. Feeding systems for fattening pigs fed molasses B diets and Saccharina feed. Cuban J. Agric. Sci. 24:93
- Cino, D.M., Díaz, M. F., Lon-Wo., E. & González, A. 1999. Economical evaluation of raw legume grain meals and their potential use in poultry feeding. Cuban J. Agric. Sci. 33:121
- Delgado, D., Fundora, O., Álvarez, R. J. & González, T. 1988. Substitution of calcium carbonate by sea shell in broiler diets. Some biochemical and physiological aspects. Cuban J. Agric. Sci. 22:297
- Díaz, C.P., Elías, A., Savón, L., Rodríguez, Y. & Achang, J. 1992. Inclusion of protein sugar cane juice in the diets for young pigs. Cuban J. Agric. Sci. 26:71
- Díaz, C.P., Lezcano, P. & Elías, A. 1979. Cattle manure and final molasses silage in pig feeding. 2. Substitution of a maize-based diet by manure silage for growing pigs. Cuban J. Agric. Sci. 13:33
- Díaz, J. & Rodríguez, A. 1987. Digestibility of final molasses diets supplemented with two levels of sugar cane filter cake mud oil for pregnant sows. Cuban J. Agric. Sci. 21:63
- Díaz, J., Lezcano, P., Elías, A., Castañeda, S. & Díaz, N. 1991. Saccharina levels in feeds for sows. Cuban J. Agric. Sci. 25:61
- Díaz, M. F. 2000. Producción y caracterización de forrajes y granos de leguminosas temporales para la alimentación animal. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal, La Habana
- Díaz, M. F., González, A., Padilla, C. & Curbelo, F. 2002c. Bromatological characterization of grains and forages from the seasonal legumes *Canavalia ensiformis*, *Lablab purpureus* and *Stizolobium niveum* sown at the end of the rainy season. Cuban J. Agric. Sci. 36:395
- Díaz, M.F., Martín-Cabrejas, M.A., González, A., Torres, V. & Noda, A. 2007. Biotransformation of *Vigna unguiculata* during the germination process. Cuban J. Agric. Sci. 41:161
- Díaz, M.F. & Padilla, C. 1998. Agronomy of seasonal legumes under tropical conditions. Cuban J. Agric. Sci. 32:305
- Díaz, M.F., Padilla, C., González, A. & Curbelo, F. 2001. Agronomical features and nutritional indicators of grains in grouped maturity varieties of *Vigna unguiculata*. Cuban J. Agric. Sci. 35:271
- Díaz, M.F., Padilla, C., González, A. & Curbelo, F. 2002a. Performance of grains and forages of three non-grouped maturity *Vigna unguiculata* varieties. Cuban J. Agric. Sci. 36:67
- Díaz, M.F., Padilla, C., González, A. & Curbelo, F. 2002b. Bromatological characterization of grains and forages in non-grouped maturity *Vigna unguiculata* varieties. Cuban J. Agric. Sci. 36:185
- Díaz, M.F., Torres, V., González, A., & Noda, A. 2004. Biotransformation in the germination of *Vigna unguiculata*. Cuban J. Agric. Sci. 38:87
- Dieguez, F. & Menchaca, M. 1973. Performance test on pigs fed maize or high -test molasses as the energy source. 1. Interrelationships among growth traits. Cuban J. Agric. Sci. 7:277
- Dihigo, L.E. 2004. Effect of the roughage source for rabbits and the incubation time on *in vitro* dry matter digestibility. Cuban J. Agric. Sci. 38:179
- Dihigo, L. E., Savón, L. & Rosabal, Y. 2004. Determination of the *in vitro* digestibility of dry matter and neutral detergent fiber in five forage plants using the rabbit cecal inoculum. Cuban J. Agric. Sci. 38:287
- Dihigo, L.E., Savón, L. & Sierra, F. 2001. Morphometric studies of the gastrointestinal tract and internal organs of rabbits consuming sugarcane meals. Cuban J. Agric. Sci. 35:337
- Elías, A., Lezcano, O., Lezcano, P., Cordero, J. & Quintana, L. 1990. A review on the development of a protein sugar cane enrichment technology through solid state fermentation (Saccharina). Cuban J. Agric. Sci. 24:1
- Figuroa, V. & Macías, M. 1988. The isolation of a non-sugar fraction from sugar cane molasses and its effect when included in rat diets. Cuban J. Agric. Sci. 22:165
- García, H. & Lezcano, P. 1987. Biological evaluation of some nutrients of the fleshing used as a protein source for growing pigs. Cuban J. Agric. Sci. 21:153
- González, C.I. & Ibañez, R.S. 1973. La miel final de caña en la alimentación de las aves. Cuban J. Agric. Sci. 2: 27
- Hardy, C. & Elías, A. 1974. A note on some chemical characteristics of *in vitro* manure/molasses silage. Cuban J. Agric. Sci. 8:285
- Ibañez, R. S. & González, C. T. 1981. Functional modifications induced by sugar-cane final molasses in the digestive tract of poultry. Some observations. Cuban J. Agric. Sci. 15:59
- Lamazares, E., Lezcano, P., Elías, A. & Valdés, E. 1988. Partial substitution of cereals by dehydrated sugar cane meals for pre-fattening pigs. Cuban J. Agric. Sci. 22:183
- Lezcano, P., Elías, A. & Hardy, C. 1977. Use of bovine ensiled manure and final molasses as a new feeding source for fattening

- pigs. Cuban J. Agric. Sci. 11:289
- Lezcano, P., Elias, A., Lamazares, E. & Achán, J. 1990. Saccharina inclusion levels in feeds for pre-fattening pigs. Cuban J. Agric. Sci. 24:87
- Lon-Wo, E., Rodríguez, B. & Dieppa, O. 2001. Economic and biological evaluation of *Vigna unguiculata* meals in isoprotein diets for broiler. Cuban J. Agric. Sci. 35:23
- Lon-Wo, E. & Valdiviá, M. 1981. Levadura torula y su efecto en la humedad de las excretas. Resumen. 13. Reunión de la Asociación de Técnicos Azucareros Cubanos (ATAC) y II Asociación de Técnicos Azucareros Latinoamericanos (ATLAC), Ciudad Habana, Cuba.
- Ly, J. 1971. Contribución al estudio de la digestión de mieles en el cerdo joven. Master Thesis. Biol. Universidad de la Habana. La Habana, Cuba
- Ly, J. 1974. Peripheral circulation of hexoses during the digestion of high-test molasses in the pig. Cuban J. Agric. Sci. 8:53
- Ly, J. 1975. Caecal function in the pig: daily variation of caecal parameters in pig fed on molasses diets. Cuban J. Agric. Sci. 9:39
- Ly, J. 1977a. Studies on the digesta distribution along the GIT of pigs high-test molasses or maize. 2. Intestinal stage. Cuban J. Agric. Sci. 11:47
- Ly, J. 1977b. Some aspects of digestibility up to the caecum and feces in pigs fed on maize or high-test molasses based diets. Cuban J. Agric. Sci. 11: 63
- Ly, J. 1985a. Large intestine digestion of pigs fed molasses. 2. Passage of digesta. Cuban J. Agric. Sci. 19:35
- Ly, J. 1985b. Large intestine digestion of pigs fed molasses. 3. Water status. Cuban J. Agric. Sci. 19:45
- Ly, J. 1986. Large intestine digestion of pigs fed molasses. 5. VFA production. Cuban J. Agric. Sci. 20:41
- Ly, J. 1999. Evaluation of protein and energy values of Saccharina using ileorectostomized pigs. Cuban J. Agric. Sci. 33:53
- Ly, J. 2000. A note on the digestive indices of pigs fed *ad libitum* intact or ground royal palm nut. Cuban J. Agric. Sci. 34:129
- Ly, J. & Bocourt, R. 1975. Microflora and fermentation in the gastrointestinal tract of the young pig. 1. Levels of organic acids. Cuban J. Agric. Sci. 9:149
- Ly, J. & Castro, M. 1984. Pig fattening with sugar cane molasses. 1. Performance traits and consumption pattern. Cuban J. Agric. Sci. 18:35
- Ly, J. & Castro, M. 1995. Studies on the utilization of different types of Saccharina for pigs. N and energy balance. Cuban J. Agric. Sci. 29:191
- Ly, J., Lezcano, P., Castro, M., Díaz, C.P. & Díaz, J. 1991. Levels of Saccharina and N and energy balance in pigs fed cereal diets. Cuban J. Agric. Sci. 25:177
- Ly, J., Lon-Wo, E. & Castro, M. 1996. N and energy balance in pigs fed sugar cane molasses diets and natural zeolites from different deposits. Cuban J. Agric. Sci. 30:287
- Ly, J., Macías, M., Martínez, R.M. & García, A. 1998. Plantain foliar residues for pig diets. Ileal digestibility of nutrients. Cuban J. Agric. Sci. 32:153
- Ly, J. & Mollineda, A. 1983. Large intestine digestion of pigs fed molasses. 1. Morphologic aspects. Cuban J. Agric. Sci. 17:285
- Ly, J., Santana, I. & Macías, M. 2000. Studies on the digestibility of royal palm nut in Cuba Creole pigs. Cuban J. Agric. Sci. 34:315
- Ly, J. & Velázquez, M. 1970. Some observations on blood glucose levels in pigs given based on final molasses and sugar, high-test molasses or grain. Cuban J. Agric. Sci. 4:195
- Marrero, A. I. 1998. Contribución al estudio de la utilización de la fibra dietaria en gallináceas. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba
- Marrero, A. I., Álvarez, R.J. & Cárdenas, G. 1995. Effect of the level industrial Saccharina on the apparent nutrient retention in broilers. Cuban J. Agric. Sci. 29:209
- Marrero, A. I., Dihigo, L. E., Savón, L., Machín, L. & Orta, M. 1998. The utilization of a faecal content of pigs to determine *in vitro* digestion of fibre diets for broilers. Cuban J. Agric. Sci. 32:165
- Marrero, L. I. & Ly, J. 1977. An approach to water metabolism in pigs fed sugar cane final molasses. 1. Main routes of water excretion and digestibility of the proximal nutrients. Cuban J. Agric. Sci. 11: 39
- Martínez, J.A., Marcos, R., Macarullo, M. T. & Larolde, J. 1995. Growth hormonal status and protein turnover in rats fed in adiet containing peas (*Pisum sativum* L) as a source of protein. Plant Fd. Hum. Nutr. 47:211
- Martínez, M., Díaz, M. F., Hernández, Y., Sarmiento, M. & Dorvigny, F. 2013. Estudio del valor nutritivo de granos de DPS leguminosas (*Glycine max* y *Vigna unguiculata*) germinadas para pollos de ceba. XXV Congreso Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA) Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba
- Martínez, M., Sarmiento, L., Savón, L., Santos, R. & Ku, J. 2007. Apparent digestibility of the protein and energy in broilers consuming *Stizolobium deeringiana* foliage meal. Cuban J. Agric. Sci. 41:65
- Martínez, M., Savón, L. & Dihigo, L. E. 2003. *In vitro* digestibility of cowpea (*Vigna unguiculata* cv. White) forage meal in poultry. Technical note. Cuban J. Agric. Sci. 37:295
- Martínez, M., Savón, L., Dihigo, L. E., Rodríguez, R., Orta, M.; Hernández, Y., Rodríguez, V., Domínguez, M. & Sarduy, L. 2008. Morphometric indicators of the gastrointestinal tract and accessory organs with the inclusion of *L. purpureus* foliage on broilers rations. Cuban J. Agric. Sci. 42: 91
- Rodríguez, N., Boucourt, R., Lamazares, E. & Larduet, R. 1989. Feed intake pattern in piglets fed sugar cane meal diets. Cuban J. Agric. Sci. 23:311
- Rodríguez, N., Boucourt, R. & Riverí, S. 1988. Digestive indicators in pigs consuming high final molasses levels with the addition of fibre. I. Apparent digestibility. Cuban J. Agric. Sci. 22:75

- Rodríguez, N., Boucourt, R., Terry, I. & Elizalde, S. 1991. Digestive indices of the gastrointestinal tract of weaned pigs consuming dehydrated sugar cane meal. *Cuban J. Agric. Sci.* 25:45
- Rodríguez, Z., Elías, A., Boucourt, R. & Nuñez, O. 2001. Effects of urea nitrogen on protein synthesis during fermentation of sugarcane (*Saccharum officinarum*) and sweet potatoes (*Ipomoea batata* Lam) mixtures. *Cuban J. Agric. Sci.* 35:27
- Rodríguez, Z., Galindo, J., Marrero, A. I., Boucourt, R., Elías, A. & Riverí, Z. 1996. A note on the isolation of anaerobic cellulolytic fungi in the caecum of broilers. *Cuban J. Agric. Sci.* 30:195
- Rodríguez, Z., López, A. & Riverí, Z. 2000. Effect of fiber on the number and activity of the cellulolytic microflora in the caecum of pigs. *Cuban J. Agric. Sci.* 34:47
- Sanz, M. 1977. Uso del polvo de arroz como fuente energética en la formación de piensos avícolas para la producción de carne. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba
- Savón, L. 1984. Algunos aspectos del metabolismo mineral en cerdos alimentados con miel final de caña. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba
- Savón, L. 2002. High fibrous feed for monogastrics. Characterization of the fibrous matrix and its effects on the digestive physiology. *Cuban J. Agric. Sci.* 36:89
- Savón, L. 2005. Tropical roughages and their effect on the digestive physiology on monogastric species. *Cuban J. Agric. Sci.* 39: 463
- Savón, L. 2010. Harinas de follajes tropicales. Fuentes potenciales para la alimentación de especies monogástricas. PhD Thesis. Instituto de Ciencia Animal.
- Savón, L. & Álvarez, R. J. 1982. Effect of dehydrated final molasses feeding (DFM) on mineral excretion in broilers. *Cuban J. Agric. Sci.* 16:201
- Savón, L., Álvarez, R.J., Díaz, C.P., Martínez, G. & Iglesias, M. 1989. Blood electrolytes in pigs fed final molasses and a modified mineral premix during the fattening period. *Cuban J. Agric. Sci.* 23:181
- Savón, L., Álvarez, R.J., Elizalde, S., & Martínez, G. 1983. Some physiological aspects affecting the diarrhea of chickens fed molasses. *Cuban J. Agric. Sci.* 17:83
- Savón, L., Álvarez, R.J., Larduet, R. & Martínez, G. 1987. Blood electrolytic composition and acid base balance in pigs fed high levels of sugar cane final molasses. *Cuban J. Agric. Sci.* 21:273
- Savón, L., Cortán, N. & González, T. 1999a. Biological assessment of nitrogen in homemade protein molasses (HPM) for growing pigs. *Cuban J. Agric. Sci.* 33: 287
- Savón, L., Díaz, C.P., Elías, A., Ortiz, M. & Achang, J. 1993. Effect of two levels of protein sugar cane juice (Guarapró) on the morphometric indices of the gastrointestinal tract of piglets at 4 weeks after weaning. *Cuban J. Agric. Sci.* 27:171
- Savón, L., Díaz, C.P., Pérez, C. & Rodríguez, Y. 1995a. A note on the digestive and metabolic nitrogen utilization in growing pigs fed homemade protein molasses (HPM). *Cuban J. Agric. Sci.* 29:317
- Savón, L., Díaz, M.F., Hernández, Y., Sarmiento, M. & Sierra, F. 2013. Valor nutritivo de harina de granos de *C. ensiformis* germinada para pollos de ceba. XXV Congreso Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA). Palacio de las Convenciones, La Habana, Cuba
- Savón, L., García, L., Suau, E., Díaz, C. P., Boucourt, R. & González, T. 1997. Homemade protein molasses (HPM) and non-fermented mixture (molasses-urea-superphosphate) for pig fattening. Biological performance and blood indicators. *Cuban J. Agric. Sci.* 31:303
- Savón, L. & González, T. 1995. Ileal flow and precaecal and caecal digestibility of nutrients in pigs fed homemade protein molasses. 1. Dry matter and N. *Cuban J. Agric. Sci.* 29:321
- Savón, L. & González, T. 1996. Ileal flow and pre-caecal and caecal digestibility of nutrients in pigs fed homemade protein molasses. 2. Organic matter and ash. *Cuban J. Agric. Sci.* 30:47
- Savón, L., Leyva, O. & González, T. 2000. Physical and chemical characterization of the fibrous fraction of five varieties of *Vigna unguiculata* foliage meal for monogastric animals. *Cuban J. Agric. Sci.* 34:133
- Savón, L., Peach Chol, Nam & González, T. 1999. Biological availability of Cuban copper and iron sulphate sources for pre-fattening pigs. *Cuban J. Agric. Sci.* 33:387
- Savón, L., Scull, I., Orta, M. & Martínez, M. 2007. Integral foliage meals of three tropical legumes for poultry feeding. Chemical composition, physical properties and phytochemical screening. *Cuban J. Agric. Sci.* 41:339
- Savón, L., Scull, I., Orta, M. & Torres, V. 2004. Physicochemical characterization of the fibrous fraction of five tropical foliage meals for monogastric species. *Cuban J. Agric. Sci.* 38: 281
- Scull, I. & Savón, L. 2003. Determination of total polyphenol and condensed tannins in forage meal of four *Virga unguiculata* varieties. *Cuban J. Agric. Sci.* 37:397
- Tillán, J. & Álvarez, R. J. 1983. The estimation of available lysine in unicellular. Cuban protein source. *Cuban J. Agric. Sci.* 17:157
- Tillán, J., Álvarez, R. J. & Herrera, F. 1984. Proteolytic activity of intestinal contents of chickens fed torula yeast. *Cuban J. Agric. Sci.* 18:179
- Tillán, J., Álvarez, R.J. & Herrera, F. 1986. Apparent N and DM digestibility of colostomized chickens fed different levels of torula yeast. *Cuban J. Agric. Sci.* 20:55
- Valdiviá, M. 1976. Utilización de levadura torula, harina de colza y harina de girasol en dietas para pollos de engorde. PhD Thesis. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana. La Habana, Cuba
- Valdiviá, M., Elías, A., Álvarez, R. J. & Dieppa, O. 1990b. The utilization of Saccharina in broiler feeds. *Cuban J. Agric. Sci.* 24:111
- Valdiviá, M., Elías, A. & Dieppa, O. 1990a. Feeding of geese with Saccharina. 1. Fattening stage. *Cuban J. Agric. Sci.* 24:99

- Valiño, E., García, R. & Albelo, N. 2004. Effect of the inoculation of the *Trichoderma viride* 137 MCX1 strain on mixtures of *Vigna unguiculata* and sugar cane bagasse for reducing antinutritional factors. Cuban J. Agric. Sci. 38: 61
- Valiño, E., Savón, L., Elías, A., Ibarra, A. & Albelo, N. 2014. Biotransformación de las harinas de follaje de dólcho y nucuna por la cepa *Trichoderma viride* M-2. XXIV Congreso Panamericano de Ciencias Veterinarias. Palacio de las Convenciones. La Habana, Cuba
- Velázquez, M. & Preston, T.R. 1970. High-test integral molasses as energy sources for growing pigs. Cuban J. Agric. Sci. 4:55

Received: August 3, 2015