

## Agro-ecological principles in Cuban technologies with legumes for animal production

### Principios agroecológicos en tecnologías cubanas con leguminosas para la producción animal

J. Alonso

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

*Email: jalonso@ica.co.cu*

Different ecological principles are analyzed, which should be included on the management and exploitation of Cuban cattle agricultural systems. These systems are characterized by the use of grasses and forages as main basis of their feeding systems. It is important the use of shrubs and creeping legumes in technologies that favor biological diversity, soil restoration and agricultural-animal husbandry integration, as strategy for the development of a more profitable and ecologically stable livestock activity. Finally, an evaluation is carried out to the need of developing animal production systems in tropical areas that visualize the approach to natural systems as a real and practical alternative for persistence, sustainability and environmental regulation of animal husbandry agro-ecosystems.

Key words: *agro-ecology, grazing systems, animal production*

Se analizan algunos principios ecológicos que se deben incorporar en el manejo y explotación de los agroecosistemas ganaderos cubanos, caracterizados por la utilización de los pastos y forrajes como base fundamental en sus sistemas de alimentación. Se destaca la utilización de leguminosas, rastreras y arbustivas, en tecnologías que favorecen la diversidad biológica, la restauración de suelo y la integración agricultura-ganadería, como estrategia para el desarrollo de una actividad pecuaria más rentable y estable ecológicamente. Se valora la necesidad de desarrollar sistemas de producción animal cercanos a los sistemas naturales, como alternativa práctica y real para la persistencia, sostenibilidad y regulación ambiental de los agroecosistemas ganaderos en el trópico.

Palabras clave: *agroecología, sistemas de pastoreo, producción animal*

#### INTRODUCTION

Human activity is responsible for 90 % of climatic changes occurring on the planet. In the last decade, the rate of deforestation, at world level, reached 13 million of ha year<sup>-1</sup> (FAO 2012), with local effects such as soil degradation and loss of their productivity. The transformation of large forested lands into animal husbandry areas, through deforestation, contributes to a quarter of greenhouse gas emissions, biodiversity loss in natural forests and imbalance of other soil ecosystems.

Currently, human beings have changed, through conventional agriculture, the environmental structure in large areas, replacing the diversity of nature with several cultivated plants and domestic animals (Peters *et al.* 2010). This serious process has favored the development of livestock production systems that are based on the use of monoculture, the application of toxic and chemical fertilizers, and irrigation water that fail to increase efficiently the production and productivity, mainly due to the lack of budget for purchasing these inputs and to the ignorance of the existing interactions between animal and plant species with agro-ecosystem.

Inevitably, natural resources in tropical regions, necessary to encourage the agricultural development, suffer from an accelerated deterioration that endangers the solution for vital needs of future generations, with

#### INTRODUCCIÓN

La actividad humana es responsable de 90 % de los cambios climáticos que ocurren en el planeta. En la última década, la tasa de deforestación a nivel mundial alcanzó 13 millones de ha año<sup>-1</sup> FAO (2012), con efectos locales como la degradación de los suelos y la pérdida de su productividad. La transformación de grandes áreas boscosas en explotaciones ganaderas por medio de la deforestación contribuye a la cuarta parte de las emisiones de gases con efecto invernadero, la pérdida de la biodiversidad en los bosques naturales y al desequilibrio de otros ecosistemas terrestres.

En la actualidad, mediante la agricultura convencional, el hombre ha cambiado la estructura del ambiente en grandes áreas. Se desplaza así la diversidad de la naturaleza por un número de plantas cultivadas y animales domésticos (Peters *et al.* 2010). Este proceso ha impulsado el desarrollo de sistemas de producción ganadera, basados en el uso del monocultivo, la aplicación de fertilizantes químicos, tóxicos y agua de riego. Estos sistemas no logran incrementar la producción y productividad de manera eficiente, debido fundamentalmente, a la falta de presupuesto para la compra de estos insumos y al desconocimiento de las interacciones existentes entre las especies animales y vegetales con el agroecosistema.

Inevitablemente, en las regiones tropicales, los recursos naturales necesarios para impulsar el desarrollo agropecuario, se deterioran de manera acelerada, lo

the known risks to ecological, social, political and economic stability in many countries, mainly due to management practices used by them. According to Molina and Uribe (2005), tropical animal husbandry faces serious challenges due to the prevailing production model, characterized by large extensions and little or no diversity of species.

Despite these questions, Ibrahim *et al.* (2006) reported that animal husbandry is a type of subsistence and alleviation of poverty in many developing countries. The first characteristic of these production systems, mainly from medium to small scale, is that different strategies are implemented on them, which allow them to resist the problems of market and natural disasters since, from an environmental point of view, some studies show that it is feasible to develop animal husbandry, conserving the environment through the use of integrated technologies (Murgueitio 2003, Funes-Monzote *et al.* 2008).

This review analyzes some of the potentialities that can be obtained in beef and milk production with the implementation of agro-ecological technologies, which visualize the improvement of livestock agro-ecosystems through the use of legumes and the adaptation of agricultural practices that consider integration as an essential tool for animal production in tropical areas.

## **CONCEPTUALIZATION AND DIMENSION OF AGRO-ECOLOGY IN CATTLE AGRICULTURAL SYSTEMS CONCEPTUALIZACIÓN Y DIMENSIÓN DE LA AGROECOLOGÍA EN LOS AGROECOSISTEMAS GANADEROS**

It is obvious that for beef and milk production based on grasses and forages, the most important approach, from the agronomic, biological, economical and social point of view, is the one that achieves the balanced combination of all the components that intervene in the “soil-plant- animal-man” complex (agro- ecosystem), in which influence and relate all the factors that affect the production, use, stability and permanence of different components.

The application of concepts and ecological principles to the design, development and management of sustainable cattle systems, it is the fundamental base that differentiates the agro-ecology systems of the conventional cattle. These can be applied in the organic, conventional, intensive or extensive livestock. Glisseman (2009) points out that the main challenge in the design of sustainable agro-ecosystems is to obtain the characteristics of a natural ecosystem and, at the same time, to maintain a desirable productivity.

Altieri and Nicholls (2004) noted that an agro-ecosystem can be defined, to any scale, by the interactions between people, natural resources and food production in an area or specific field, making difficult to define its

que pone en peligro la satisfacción de las necesidades vitales de las futuras generaciones, con riesgos para la estabilidad ecológica, social, política y económica en muchos países, debido fundamentalmente, a las prácticas de manejo que se aplican. Según Molina y Uribe (2005), la ganadería tropical enfrenta importantes cuestionamientos, debido al modelo de producción imperante, caracterizado por grandes extensiones y poca o ninguna diversidad de especies.

A pesar de estos cuestionamientos, Ibrahim *et al.* (2006) señalaron que la actividad ganadera constituye una forma de subsistencia y alivio a la pobreza en muchos países en vías de desarrollo. Lo característico de estos sistemas de producción, fundamentalmente de mediana a pequeña escala, es que en ellos funcionan diferentes estrategias que les permiten resistir el embate del mercado y los desastres naturales. Desde el punto de vista ambiental, algunos estudios demuestran que es factible hacer ganadería y conservar el medio ambiente con el uso de tecnologías integrales (Murgueitio 2003, Funes-Monzote *et al.* 2008).

En esta reseña se analizan algunas potencialidades que se pueden obtener con la producción de leche y carne vacuna mediante la implementación de tecnologías agroecológicas que mejoren los agroecosistemas ganaderos con el uso de leguminosas y con la adaptación de prácticas agrícolas integrales, como herramienta indispensable para la producción animal en las regiones tropicales.

Es evidente que para la producción de leche y carne vacuna basada en pastos y forrajes, el enfoque más importante desde el punto de vista agronómico, biológico, económico y social, es aquel que logre la combinación equilibrada de todos los componentes que intervienen en el complejo “suelo-planta-animal-hombre” (agroecosistema), en el que influyen y se relacionan todos los factores que afectan la producción, utilización, estabilidad y permanencia de distintos componentes.

La aplicación de conceptos y principios ecológicos al diseño, desarrollo y gestión de sistemas ganaderos sostenibles, es la base fundamental que diferencia los sistemas agroecológicos de la pecuaria convencional. Estos se pueden aplicar en la ganadería orgánica, convencional, intensiva o extensiva. Glisseman (2009) señala que el principal reto en el diseño de agroecosistemas sostenibles es obtener las características de un ecosistema natural y, al mismo tiempo, mantener una productividad deseable.

Altieri y Nicholls (2004) señalaron que un agroecosistema se puede definir, a cualquier escala, por las interacciones entre las personas, los recursos naturales y la producción de alimentos en un predio o un campo específico, lo que hace difícil delinear sus límites

exacts limits. This definition has to do directly with the agro-ecology concepts, as it focuses in the ecological relations that take place on the agricultural and livestock systems, with the purpose of clarifying the structure, functions and dynamics of these relations.

It is obvious that the design of agro-ecological systems can not be based on rules, but on principles. It must take into account the existing realities, the farmer knowledge and their aspirations. Besides of provide other economic, ecological and productive considerations (García Trujillo 1996). Among these principles it stands:

- Biological diversity: rotations, polycrops, wooded areas and animals, among others.

- Protection of soils and increase of their fertility by natural means: minimum culture, contour lines, mounding, replace crops, green manure, organic matter, amendments, rotations, among other.

- Increase of nutrients recycling: use of agricultural wastes for animal feeding, manure as fertilizer, crop rotation, use of plants that extract nutrients from deeper soil layers, use of green manure that mobilize nutrients, activation of soil biology.

- Increase of the nitrogen biological fixation: use of legumes, green manures, nitrogen fixing trees, activation of soil life.

- Promotion of techniques that conserve soil moisture: mounding, minimum culture, organic matter, protective crops, replace crop, among others.

- Implementation of integration systems: use of biological diversity, efficient use of land, use of multi-layer, allelopathic effects and suppressive of undesirable plants.

The application and use of these agro-ecological principles in the animal production systems in tropical areas show the necessity to develop technologies that increase the interaction between each of the system components, with multidisciplinary character and decisive participation of the experience and local knowledge of the producers. The knowledge of these characteristics indicates the simplicity of what should be made and the complexity with which the technologies should be implemented for the production systems.

### **AGRO-ECOLOGICAL PRINCIPLES IN TECHNOLOGIES WITH LEGUMES PRINCIPIOS AGROECOLÓGICOS EN TECNOLOGÍAS CON LEGUMINOSAS**

The biodiversity in animal husbandry agro-ecosystems can be as varied as the different crops, weeds, arthropods or microorganisms, according to geographical, climatic, edaphic localities and socioeconomic factors (Navarro *et al.* 2012). The interactions between the various biotic components can also be of multiple natures. Some of these interactions can be used to induce positive and direct effects on the biological control of specific

exactos. Esta definición tiene que ver directamente con los conceptos de agroecología, ya que se centra en las relaciones ecológicas que tienen lugar en los sistemas agrícolas y pecuarios, con el propósito de esclarecer la estructura, funciones y dinámica de estas relaciones.

Es evidente que el diseño de sistemas agroecológicos no se puede basar en reglas, sino en principios. Debe tener en cuenta las realidades existentes, los conocimientos del agricultor y sus aspiraciones. Además de contemplar otras consideraciones económicas, ecológicas y productivas (García Trujillo 1996). Entre estos principios se destaca:

- Diversidad biológica: rotaciones, policultivos, áreas arborizadas, animales, entre otros.

- Protección de los suelos y aumento de su fertilidad por vías naturales: cultivo mínimo, curvas de nivel, mulches, cultivos de relevo, abonos verdes, materia orgánica, enmiendas y rotaciones, entre otras.

- Aumento del reciclado de nutrientes: uso de residuos agrícolas para alimentación animal, de excretas para abonar, rotación de cultivo, uso de plantas que extraigan nutrientes de capas profundas del suelo, utilización de abonos verdes que movilicen nutrientes, activación de la biología del suelo.

- Incremento de la fijación biológica del nitrógeno: uso de plantas leguminosas, abonos verdes, árboles fijadores de nitrógeno, activación de la vida del suelo.

- Promoción de técnicas que conserven la humedad del suelo: mulches, cultivo mínimo, materia orgánica, cultivos protectores y cultivo de relevo, entre otros.

- Implementación de sistemas de integración: uso de la diversidad biológica, uso eficiente de la tierra, uso de multiestratos, efectos alelopáticos y supresores de plantas indeseables.

La aplicación y utilización de estos principios agroecológicos en los sistemas de producción animal en el trópico indican la necesidad de desarrollar tecnologías que potencien la interacción entre cada uno de los componentes del sistema, con carácter multidisciplinario y participación decisiva de la experiencia y el conocimiento local de los productores. El conocimiento de estas características indica la simplicidad de lo que se debe hacer y la complejidad con que se deben implementar las tecnologías para los sistemas de producción.

La biodiversidad en los agroecosistemas ganaderos puede ser tan variada como los diversos cultivos, malezas, artrópodos o microorganismos, de acuerdo con localidades geográficas, climáticas, edáficas y factores socioeconómicos (Navarro *et al.* 2012). Las interacciones entre los diversos componentes bióticos pueden también ser de naturaleza múltiple. Algunas de estas interacciones se pueden utilizar para inducir efectos positivos y directos en el control biológico de plagas específicas de cultivos,

of crops, regeneration and increase of soil fertility and its conservation. The exploitation of these interactions in real situations involves the agro-ecosystem design and management, and requires an understanding of the numerous relations between soils, microorganisms, plants, insects, herbivores and natural enemies.

Studies carried out by Alonso *et al.* (2007) showed significant increase in the species richness and the biological diversity index of Shannon, as a leucaena-guinea grass silvopastoral system was developed. They also verified increase in the macrofauna of the soil, birds and insects associated to the system. These results are also related with the difference that is obtained with the silvopastoral systems in the number of plant strata and with the presence of a half stratum of leucaena shrubs that, together with the exploitation time of the system, led to increased the total productivity of the system, of plant diversity and, therefore, of the number of associated species.

Valenciaga *et al.* (2010), when studying cattle agro-ecosystems with the use of a silvopastoral system with leucaena-guinea grass showed the system capacity as insects and arachnids reservoir. According to their alimentary habits, these authors classified the arthropods in phytophagous and bio-regulators. It was gather the majority in the Insecta class, and the rest, in the Arachnida. The Hemiptera order, with its sub-orders Homoptera and Hemiptera, had a good representation of phytophagous, while the Coleoptera order grouped the known crysomelids, responsible for the holes in the leaves, and the *Chilocorus cacti*, bioregulator insect belonging to the Coccinelidae family. This last is an excellent predator of aphids and psyllids, very frequent in leucaena-guinea grass silvopastoral systems.

The abundance and proportion of bio-regulators depend intimately on the abundance and proportion of the phytophagous and, at the same time, on the type and the architecture of the plants in the area. This situation is justified by the ecological theories cited by Altieri *et al.* (2011). The hypothesis of the natural enemies states that in the diversified agro-ecosystems there is higher variety and quantity of feeding available sources, better microhabitat conditions, changes in the chemical signs affecting the location of pests and increase in the stability of the dynamics of predator-prey and parasitoids-host populations. These factors contribute to the improvement of the reproduction success, survival and efficacy of the natural enemies.

The beneficial interactions that could show in the implementation of agro-ecology systems with the presence of legumes trees and shrubs in grazing systems for meat and milk production, are also reflected in the increase of nutrient recycling by the return to the soil of leaves, fruits, branches, feces and urine, which is due,

en la regeneración y aumento de la fertilidad del suelo y su conservación. La explotación de estas interacciones en situaciones reales involucra el diseño y manejo del agroecosistema, y requiere del entendimiento de las numerosas relaciones entre suelos, microorganismos, plantas, insectos, herbívoros y enemigos naturales.

Estudios realizados por Alonso *et al.* (2007) demostraron aumento significativo en la riqueza de especie y el índice de diversidad biológica de Shannon, en la medida que se desarrolló un sistema silvopastoril leucaena-guinea. Constataron también incremento en la macrofauna del suelo, las aves y los insectos asociados al sistema. Estos resultados se relacionaron también con la diferencia que se obtiene con los sistemas silvopastoriles en el número de estratos vegetales y con la presencia de un estrato medio de arbustos de leucaena que, conjuntamente con el tiempo de explotación del sistema, propiciaron aumento de la productividad total del sistema, de la diversidad vegetal y, por tanto, del número de especies asociadas.

Valenciaga *et al.* (2010), al estudiar agroecosistemas ganaderos con el uso de silvopastoreo leucaena-guinea, indicaron la capacidad del sistema como reservorio de insectos y arácnidos. De acuerdo con sus hábitos alimentarios, estos autores clasificaron a los artrópodos en fitófagos y biorreguladores. Se agrupó la mayor cantidad en la clase Insecta, y una minoría, en la Arácnida. El orden Hemiptera, con sus sub-órdenes Homoptera y Hemiptera, tuvo buena representación de fitófagos, mientras que el orden Coleoptera agrupó a los conocidos crisomélidos, responsables de los orificios en las hojas, y a la cotorrita (*Chilocorus cacti*), insecto biorregulador perteneciente a la familia Coccinelidae. Este último constituye un excelente depredador de áfidos y psílidos, muy frecuente en sistemas silvopastoriles de leucaena-guinea.

La abundancia y proporción de los biorreguladores depende íntimamente de la población de los fitófagos y, a su vez, del tipo y la arquitectura de las plantas del área. Esta situación se justifica por las teorías ecológicas citadas por Altieri *et al.* (2011). La hipótesis de los enemigos naturales plantea que en los agroecosistemas diversificados se dispone de mayor variedad y cantidad de fuentes disponibles de alimento, mejores condiciones del microhábitat, cambios en las señales químicas que afectan la ubicación de las especies plagas e incremento en la estabilidad de la dinámica de poblaciones depredador-presa y parasitoides-hospedante. Estos son factores que contribuyen a mejorar el éxito en la reproducción, sobrevivencia y eficacia de los enemigos naturales.

Las interacciones benéficas que se pudieran presentar en la implantación de sistemas agroecológicos con la presencia de los árboles y arbustos de leguminosas en los sistemas de pastoreo destinados a la producción de leche y carne, se traducen también en el aumento del reciclaje de nutrientes por el retorno al suelo de hojas, frutas, ramas, heces y orina, lo que se debe, fundamentalmente,

mainly, to the increase of the soil biological activity. Alonso (2004) showed that the soil macrofauna, in a leucaena-guinea grass silvopastoral system, was stabilized in the time with annelids prevalence which with their activity favored the soil aeration and accelerated the litter decomposition.

According to Lok (2006), trees in silvopastoral systems have ecological functions on soil protection, reduce the direct effects of the sun, water and wind. They can also modify the soil physical characteristics, when improving their structural stability by the addition of litter, roots and stems (Murovhi *et al.* 2012); besides of increasing the organic matter values, the capacity of cationic interchange and N, P and K availability (Martínez 2013).

Other studies show better use of the soil nutrients and higher grass availability, when nutrients were associated to tree species, due to the improvement of soil fertility and shade conditions that are created in the agro-ecosystem (Hernández and Sánchez 2006). The effect of these systems on the soil fertility not only be expected on superficial layers but it also occur in deeper layers, as the exploitation time of the system increases, a phenomenon found when studying a silvopastoral system with *Acacia mangium* and *Brachiaria decumbens*.

The use of mixed agro-ecosystems, with more complex interaction levels, could increase the land use and animal production, since they are more ecologically stables and their practice can recover and increase soil productivity, stabilize a sustainable agriculture and generate multiple environmental services. Naranjo *et al.* (2012) concluded that the intensive silvopastoral systems with tree legumes are technologies that can contribute to the mitigation of climatic change because they have, for their productive capacity (plant and animal), a natural capital that allows to reach a positive balance of greenhouse gas effect.

For their characteristics, these agro-ecosystems are more ecologically feasible than the monocultures. As consequence, their practice can recover degraded areas, to motivate the integrated systems use and generate new products for small and big producers (Murgueitio *et al.* 2011). The use of forest species in the agricultural production systems, according to Román *et al.* (2013), contributes to reduce pressure in natural forests. These species can be incorporated in non-forested areas.

These systems have, in principle, a macrobiotic effect of great importance for the environment, in the soil management and conservation, environment and basins protection, so they guarantee higher sustainability of agricultural and cattle productive process by means of obtaining forages, animal protein and forest product.

The conversion of a specialized system for the livestock production to another of agricultural- animal husbandry integration, at farm level, was study object

al incremento de la actividad biológica del suelo. Alonso (2004) señaló, que la macrofauna del suelo, en un silvopastoreo leucaena-guinea, se estabilizó en el tiempo con predominio de anélidos que con su actividad favorecieron la aeración del suelo y aceleraron la descomposición de la hojarasca.

Según Lok (2006), los árboles en sistemas silvopastoriles cumplen funciones ecológicas de protección del suelo, disminuyen los efectos directos del sol, el agua y el viento. También pueden modificar las características físicas del suelo, al mejorar su estabilidad estructural por la adición de hojarasca, raíces y tallos (Murovhi *et al.* 2012); además de incrementar los valores de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de N, P y K (Martínez 2013).

Otros estudios señalan mejor aprovechamiento de los nutrientes del suelo y mayor disponibilidad del pasto, cuando los nutrientes se encontraron asociados a especies arbóreas, debido a la mejora de la fertilidad del suelo y a las condiciones de sombra que se crean en el agroecosistema (Hernández y Sánchez 2006). El efecto de estos sistemas en la fertilidad del suelo no solo se debe esperar en las capas superficiales, sino que esto puede ocurrir en capas más profundas, en la medida que el tiempo de explotación del sistema aumenta, fenómeno encontrado al estudiar un silvopastoreo de *Acacia mangium* y *Brachiaria decumbens*.

El uso de agroecosistemas mixtos, con niveles de interacción más complejos, podría incrementar la utilización de la tierra y la producción animal, ya que son más estables ecológicamente y su práctica puede recuperar e incrementar la productividad de los suelos, estabilizar una agricultura sustentable y generar múltiples servicios ambientales. Naranjo *et al.* (2012) concluyeron que los sistemas silvopastoriles intensivos con leguminosas arbóreas son tecnologías que pueden contribuir a la mitigación del cambio climático porque poseen, por su capacidad productiva (vegetal y animal), un capital natural que les permite alcanzar el balance positivo de gases de efecto invernadero.

Por sus características, estos agroecosistemas son más viables ecológicamente que los monocultivos. Como consecuencia, su práctica puede recuperar áreas degradadas, incentivar el uso de sistemas integrados y generar nuevos productos manejables por pequeños y grandes productores (Murgueitio *et al.* 2011). La utilización de especies forestales en los sistemas de producción agropecuaria, según Román *et al.* (2013), contribuye a reducir la presión en los bosques naturales. Estas especies se pueden incorporar en áreas no arboladas.

Estos sistemas tienen, en principio, un efecto macrobiótico de gran importancia para el medio ambiente, en cuanto al manejo y conservación del suelo, protección de las cuencas y del medio ambiente, por lo que garantizan mayor sostenibilidad de los procesos productivos agrícolas o pecuarios mediante la obtención de forrajes, proteína animal y producto forestal.

La conversión de un sistema especializado para la producción pecuaria a otro de integración agricultura-

during ten years by Funes-Monzote *et al.* (2008). These authors demonstrated that the matter is not if high or low inputs are used, or if the production is specialized or diversified, but the specific characteristics of the production systems and the way in which the inputs and agro-diversity are managed.

The farms, integrated in 25 and 50% of the area with agricultural crops, were highlighted by having higher diversity of the production and therefore, higher variation of the agro-diversity, in time and space (table1). In low inputs conditions and high uncertainty in which these farms operate, the high diversity greatly contributes to reduce danger and to elevate productivity. The internal and external resources were used with higher efficiency in the integrated farms and these, in turn, were more efficient in the use of energy, when reducing the energy costs of protein production.

ganadería, a nivel de finca, fue objeto de estudio durante diez años por Funes-Monzote *et al.* (2008). Estos autores demostraron que el asunto no es simplemente si se utilizan altos o bajos insumos, o si la producción es especializada o diversificada, sino las características específicas de los sistemas de producción y la manera en que se manejan los insumos y la agrodiversidad.

Las fincas, integradas en 25 y 50 % del área con cultivos agrícolas, se destacaron por tener mayor diversidad de la producción y por tanto, mayor variación de la agrodiversidad, en tiempo y espacio (tabla 1). En condiciones de bajos insumos y alta incertidumbre en que operan estas fincas, la alta diversidad contribuye grandemente a reducir riesgos y elevar la productividad. Los recursos internos y externos se utilizaron con mayor eficiencia en las fincas integradas y estas, a su vez, fueron más eficientes en la utilización de la energía, al reducir los costos energéticos de la producción de proteína.

Table 1. Performance of agro-ecological and productive indicators in the specialized farm (beginning), and for two farms that included 25 and 50 % of crops in its area (six years of average).

| Indicators                      | Unit                  | Production systems |           |           |
|---------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------|-----------|
|                                 |                       | Beginning          | C25       | C50       |
| Species richness                | Margalef <sup>a</sup> | 1.6 (8)            | 10.4 (52) | 9.1 (44)  |
| Production diversity            | Shannon <sup>a</sup>  | 0.2 (2)            | 1.7 (23)  | 2.0 (17)  |
| Reforestation index             | Shannon <sup>a</sup>  | 0.0 (0)            | 1.7 (204) | 1.5 (131) |
| Milk yield (farm area)          | Mg ha/year            | 1.8                | 2.4       | 2.0       |
| Milk yield (forage area)        | Mg ha/year            | 1.8                | 3.1       | 4.0       |
| Energy intake                   | GJ ha/year            | 7.2                | 16.4      | 27.1      |
| Protein intake                  | kg/ha/year            | 91.0               | 133.5     | 191.3     |
| Labor force intensity           | hr/ha/d               | 1.9                | 3.9       | 5.7       |
| Total of energy inputs          | GJ/ha/year            | 3.1                | 2.0       | 2.8       |
| Energy cost of produced protein | MJ/kg                 | 34.1               | 14.8      | 14.9      |
| Energy efficient                | GJ release/intake     | 2.3                | 9.6       | 9.8       |
| Use of organic fertilizers      | Mg/ha                 | -                  | 5.3       | 5.0       |

<sup>a</sup>For the calculation of Shannon and Margalef indexes, see Gliessman (2009)  
Between parenthesis are the absolute numbers of trees, species and products

## PRODUCTIVE RESULTS WITH CUBAN TECHNOLOGIES UNDER AGRO-ECOLOGICAL PRINCIPLES

### RESULTADOS PRODUCTIVOS CON TECNOLOGÍAS CUBANAS BAJOS PRINCIPIOS AGROECOLÓGICOS

There are many benefits that the agro-ecological principles can contribute in technologies for cattle exploitation. The positive effect of the grasses and legumes association on the dry matter yield and the availability of the edible dry biomass (Ruiz *et al.* 2015) explains the best bio-economical perform of the exploited herds in agro-ecological systems.

The impacts of the intensive systems, mainly in soil component and therefore in the biomass production, showed the need to raise the participation level of legumes in the grazing area. In this context Iglesia and Martín (2011) showed, that the renovation and

Son múltiples los beneficios que los principios agroecológicos pueden aportar en tecnologías para la explotación ganadera. El efecto positivo de la asociación de gramíneas y leguminosas en el rendimiento de materia seca y la disponibilidad de biomasa seca comestible (Ruiz *et al.* 2015) explica el mejor desempeño bioeconómico de los rebaños explotados en sistemas agroecológicos.

Los impactos de los sistemas intensivos, principalmente en el componente suelo y por ende en la producción de biomasa, demostraron la necesidad de elevar el nivel de participación de las leguminosas en el área de pastoreo. En este contexto Iglesia y Martín (2011)

introduction of appropriate grasses, and adapted to the local edaphoclimatic conditions, join to the strategic incorporation of trees and shrubs plants in grazing areas, could be a technological alternative that would contribute to improve cattle production, reducing the negative impact in the ecosystems where it is developed.

However, the persistence of the legume component in grazing systems has always been a question since its useful life generally does not exceed two years of exploitation when they are mainly used in monoculture. This technological problem motivated the most efficient use of the biological diversity of this family in grazing systems, facilitating the development of technologies where the association of grasses with multiple legumes mixtures is used.

Papers developed to deep in the performance of associations of creeping grasses – legumes under grazing show us that the low plants population and of rooted points per square meter are the causes of the low stability of biomass production of these systems (Ruiz *et al.* 2005). As commonly happens in the associated grasslands, the legume only has as anchor point the mother plant, while branches grow over the grass but without being able to take root. The papers related with grassland establishment and exploitation should be guided to achieve a great number of plants and rooted points per area.

When this indicators show a positive balance in the association a great productive life of the grassland is achieved with stable biomass availability (Ruiz *et al.* 2003), independently of the climatic season (table 2), therefore one of the objectives that were stated when planting multiple mixtures, since when a species diminishes its contribution to the yield, another will take function. When analyzing the contribution per species shows that kudzu (*Pueraria phaseoloides*) had the lowest contribution in the dry. While siratro (*Macroptilium atropurpureum*) and stylo (*Stylosanthes guyanensis*) decreased its presence in the rain, although it was also associate to that the same ones began to disappear from the mixture.

The association of herbaceous or shrubs legumes with pastures, as an option to introduce agro- ecology principles and to intensify the land use in cattle areas, has economical advantages because of the animal production increase. Regarding to their use in systems for replacement female feeding, Iglesias *et al.* (2006) showed that during the dry season it is possible to reach individual gains higher than 500 g/animal/d in growing yearling heifer that grazed andropogon associations with centrosema, rotationally, with an stocking rate of two animals/ha, which did not differ of that obtained in common guinea, fertilized with 200-30-50 of NPK/ha/year.

Mejías *et al.* (2000) demonstrated the advantage of an appropriate feeding in the post weaning period in

señalaron, que la renovación e introducción de pastos apropiados, y adaptados a las condiciones edafoclimáticas locales, junto a la incorporación estratégica de plantas arbóreas y arbustivas en las áreas de pastoreo, podía ser una alternativa tecnológica que contribuiría a mejorar la producción bovina, disminuyendo el impacto negativo en los ecosistemas donde se desarrolla.

Sin embargo, la persistencia del componente leguminoso en los sistemas de pastoreo siempre ha sido una interrogante ya que generalmente su vida útil no sobrepasa los dos años de explotación cuando son utilizadas en monocultivo, fundamentalmente. Esta problemática tecnológica, incentivó el uso más eficiente de la diversidad biológica de esta familia en los sistemas de pastoreo, propiciando así el desarrollo de tecnologías donde se utiliza la asociación de gramíneas con mezclas múltiples de leguminosas.

Trabajos desarrollados para profundizar en el comportamiento de asociaciones de gramíneas-leguminosas rastreras en pastoreo nos señalan que la baja población de plantas y de puntos enraizados por metro cuadrado constituyen las causas de la baja estabilidad de la producción de biomasa de estos sistemas (Ruiz *et al.* 2005). Lo que sucede comúnmente en los pastizales asociados es que la leguminosa tiene solamente como punto de anclaje la planta madre, mientras las ramas crecen por encima de la gramínea pero sin lograr enraizar. Los trabajos relacionados con el establecimiento y explotación del pastizal deben estar encaminados a lograr mayor cantidad de plantas y puntos enraizados por área.

Cuando estos indicadores presentan balance positivo en la asociación se logra una mayor vida productiva de los pastizales con disponibilidad estable de biomasa (Ruiz *et al.* 2003), independientemente de la estación climática (tabla 2), por ello uno de los objetivos que se trazaron al sembrar mezclas múltiples, ya que cuando una especie disminuye su aporte al rendimiento, otra ocupará esa función. Al analizar la contribución por especie se aprecia que kudzu (*Pueraria phaseoloides*) presentó el menor aporte en la seca. Mientras que siratro (*Macroptilium atropurpureum*) y stylo (*Stylosanthes guyanensis*) disminuyeron su presencia en la lluvia, aunque ello estuvo asociado también a que las mismas comenzaron a desaparecer de la mezcla.

La asociación de leguminosas herbáceas o arbustivas con pasturas, como opción para introducir principios agroecológicos e intensificar el uso de la tierra en zonas ganaderas, presenta ventajas económicas por el incremento de la producción animal. Con respecto a su uso en sistemas para la alimentación de las hembras de reemplazo, Iglesias *et al.* (2006) señalaron que durante la época de poca lluvia es posible alcanzar ganancias individuales superiores a los 500 g/animal/d en añejas en crecimiento que pastaban asociaciones de andropogon con centrosema, de forma rotacional, con carga de 2 animales/ha, lo que no difirió de lo obtenido en guinea común, fertilizada con 200-30-50 de NPK/ha/año.

Mejías *et al.* (2000) demostraron la ventaja de una

Table 2. Production of biomass of a grasses association with multiple legumes mixtures

| Season | Availability of the<br>t/ha DM association | Contribution/species, % |        |         |         |       |       |
|--------|--|-------------------------|--------|---------|---------|-------|-------|
|        |  | Kudzú                   | Center | Glycine | Siratro | Stylo | Grass |
| Dry    | 3.23                                       | 3.7                     | 28.9   | 29.6    | 13.6    | 10.2  | 14.0  |
| Rainy  | 2.73                                       | 21.0                    | 25.0   | 22.0    | 8.0     | 2.0   | 22.0  |

calves that grazed an association of pangola (*Digitaria decumbens*) and stylo (*Stylosanthes guyanensis*). These authors obtained gains in this initial phase of 478 g/animal/d, that allowed to reach to the yearling stage with more than 200 kg of live weight and begin grazing in a tree- grass association.

These results facilitated to design a technology, in which the association of grasses and creeping or shrubs legumes were used in 100% of the area for rearing replacement females, and not as protein bank, which generates and increase the agro- ecological principles in the whole system. The studies showed that the dependence of external inputs in these systems was minimal, since the grazing areas were not fertilized and irrigated; while the animals neither received any supplementation during the dry period (Iglesias 2003). The high grassland availability, besides the contribution provided by herbaceous legumes and leucaena by browsing and pruning, allowed the animals covered their nutritional requirements and to obtain desired gains for the yearling female category (table 3).

The use of agro- ecological principles in

adecuada alimentación en la fase posdestete en terneras que pastorearon una asociación de pangola (*Digitaria decumbens*) y stylo (*Stylosanthes guyanensis*). Estos autores obtuvieron ganancias en esa fase inicial de 478 g/animal/d, que permitieron arribar a la etapa de añojas con más de 200 kg de peso vivo y comenzar el pastoreo en una asociación árbol-gramínea.

Estos resultados posibilitaron diseñar una tecnología, en la que la asociación de gramíneas y leguminosas rastreras o arbustivas se utilizara en 100 % del área para la crianza de las hembras de reemplazo, y no como banco de proteína, lo que genera y potencia los principios agroecológicos en todo el agroecosistema. Los estudios indicaron que la dependencia de insumos externos en estos sistemas fue mínima, ya que las áreas de pastoreo no se fertilizaron ni regaron; mientras que los animales tampoco recibían ningún tipo de suplementación durante el período seco (Iglesias 2003). La alta disponibilidad del pastizal, además del aporte brindado por las leguminosas herbáceas y la leucaena mediante el ramoneo y la poda, permitieron que los animales cubrieran sus requerimientos nutritivos y obtuvieran ganancias deseadas para la categoría de añojas (tabla 3).

Table 3. Performance of replacement yearlings until their incorporation to the reproduction.

| Indicators              | Association | Protein bank | SE±     |
|-------------------------|-------------|--------------|---------|
| Initial live weight, kg | 103.2       | 101.6        | 5.6     |
| Age, months             | 13.4        | 12.5         | 0.3     |
| Final live weight, kg   | 310.4       | 292.3        | 5.2**   |
| Age, months             | 27.4        | 26.5         | 0.3     |
| Gain in the rain, g/day | 577.0       | 576.5        | 13.9    |
| Gain in the dry, g/day  | 409.6       | 331.4        | 13.9*** |
| Accumulated gain, g/day | 493.3       | 454.1        | 9.8***  |

<sup>a,b</sup> Values with non common superscripts in the vertical differ at P < 0.05 (Duncan 1955)

\*\*\* P<0.001

technologies for milk production were beginners in tropical regions, with the use of legume component as protein source in the feeding of animals that allowed to reach individual productions close to 10 L/cow/d. Nevertheless, at the end of 90s in last century, these technologies showed the possibility of increasing the total milk production per effect of raising the total stocking rate, due to the increase in the biomass quantity and quality and its effect on the milking cows percentage.

Other papers show that when comparing systems of grasses monoculture, with a silvopastoral system of grasses and tree legumes, significant improvements were

La utilización de principios agroecológicos en tecnologías para la producción de leche fueron pioneros en las regiones tropicales, con la utilización del componente leguminoso como fuente de proteína en la alimentación de los animales que permitieron alcanzar producciones individuales cerca a los 10 L/vaca/d. Sin embargo, a finales de la década de los 90 del siglo pasado, estas tecnologías demostraron la posibilidad de incrementar la producción total de leche por efecto de elevar la carga global, debido al incremento en la cantidad y calidad de la biomasa y su efecto en el porcentaje de vacas en ordeño.

Otros trabajos señalan que al comparar sistemas de



achieved in all the productive indicators of the dairy herd (table 4). These are directly related with the protein contribution and other nutrients that the tree component carry out (Simón 2005).

An important element that should be highlight in the agro- systems, which are managed and used with agro-

monocultivo de pastos, con silvopastoreo de gramíneas y leguminosas arbóreas, se alcanzaron mejoras significativas en todos los indicadores productivos del rebaño lechero (tabla 4). Estas se relacionan directamente con el aporte de proteína y otros nutrientes que realiza el componente arbóreo (Simón 2005).

Table 4. Productive indicators of the dairy herd in different productive technologies

| Technologies         | Daily production | Production total/lactation | Duration of lactation | Annual production | Production/ha/year |
|----------------------|------------------|----------------------------|-----------------------|-------------------|--------------------|
| Silvopastoral system | 6.2 <sup>a</sup> | 2776 <sup>a</sup>          | 340 <sup>a</sup>      | 2216 <sup>a</sup> | 3147               |
| Monoculture          | 3.2 <sup>b</sup> | 2229 <sup>b</sup>          | 318 <sup>b</sup>      | 1147 <sup>b</sup> | 1790               |
| SE±                  | 0.2***           | 98.5***                    | 7.9***                | 112.8***          | -                  |

<sup>a,b</sup> Values with non common superscripts in the vertical differ at P < 0.05 (Duncan 1955)

\*\*\* P<0.001

ecological principles, is that are in a constant dynamic development. These involve, in all cases, a holistic analysis of their components from the experiences, knowledge and interpretation of them. The anthropic component plays a fundamental function in the agro-ecosystems functioning.

When carrying out a comparative bio-economical analysis between simple systems (monoculture) and silvopastoral complex systems, as decisive tool in the farm sustainability, Reinoso (2000) found that grazing in a silvopastoral system reached a very favorable cost- benefit relation (1.59 Cuban pesos), mainly due to that the costs per kilogram of produced milk and the cost per Cuban pesos produced were lower in 0.30 and 0.48 Cuban pesos, respectively regarding the monoculture (table 5).

The incorporation of *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115 in different technologies for meat and milk production shows positive results, since it allowed facing the lack of food volume at critical times of the year, when precipitations decreased (Martínez 2001). This grass, from the agro-ecological point of view, has multiple advantages, since it keeps the soil covered the whole year, it is used in grazing, and it generates

Un elemento importante que se debe destacar en los agroecosistemas, donde se manejan y utilizan principios agroecológicos, es que están en desarrollo dinámico constante. Esto implica, en todos los casos, el análisis holístico de sus componentes a partir de las experiencias, conocimientos e interpretación de los mismos. El componente antrópico desempeña una función fundamental en el funcionamiento de los agroecosistemas.

Al realizar un análisis bioeconómico comparativo entre sistemas simples (monocultivo) y sistemas complejos (silvopastoreo), como herramienta decisiva en la sostenibilidad de la finca, Reinoso (2000) encontró que el silvopastoreo alcanzó una relación beneficio- costo muy favorable (1.59 pesos), debido fundamentalmente a que los costos por kilogramo de leche producida y el costo por peso producido fueron inferiores en 0.30 pesos y 0.48 pesos, respectivamente con respecto al monocultivo, respectivamente (tabla 5).

La incorporación del *Pennisetum purpureum* Cuba CT-115 en diferentes tecnologías para la producción de leche y carne muestra resultados positivos, ya que permitió enfrentar la carencia de volumen de alimento en los momentos críticos del año, cuando se reducen las precipitaciones (Martínez 2001). Este pasto, desde

Table 5. Economic efficiency indicators in different systems for milk production

| Indicators                     | Silvopastoral system | Monoculture |
|--------------------------------|----------------------|-------------|
| Total incomes/ha               | 3132.49              | 1287.47     |
| Gain (loss)/ha                 | 1332.49              | (65.99)     |
| Gain (loss)/LAU                | 797.85               | (53.65)     |
| Cost/kg of produced milk       | 0.51                 | 0.81        |
| Cost/ produced Cuban peso      | 0.57                 | 1.05        |
| Total costs/ha                 | 1788.04              | 1353.47     |
| Total costs /LAU               | 910.29               | 1100.44     |
| Food expenses/ total cost, %   | 3.55                 | 19.83       |
| Salary expenses/ total cost, % | 45.83                | 21.54       |
| Cost/benefit relation          | 1.59                 | 0.95        |
| Break- even point              | 73679.00             | 103191.60   |

less input of fossil fuel for the farm and preserves high nutrients return to the soil.

The experience in a dairy farm of 60 ha, with 30 % of the area with CT-115 as biomass bank for the dry period (Martínez 2006) shows that during the first year, when 12% of the dairy had biomass bank, the food lack in the dry period could be satisfy in 47%, and only 13% with external resources. With the planting of 20 ha in this unit, the biomass bank solved 95% from the lack of the dry.

The balance reached in animal feeding with the introduction of this technology in grazing areas was reflected in the gradual increase of the dairy productive parameters (Figure 1).

Studies developed by Díaz (2008), in an area of 14.5 ha, showed that the use of agro-ecological technologies, as grasses and herbaceous legumes association, a

el punto de vista agroecológico, dispone de múltiples ventajas, ya que mantiene el suelo cubierto todo el año, se utiliza en pastoreo, genera menos gasto de combustible fósil para la finca y conserva alto retorno de nutrientes al suelo.

La experiencia en una finca lechera de 60 ha, con 30 % del área con CT-115 como banco de biomasa para el período seco (Martínez 2006) indica que durante el primer año, cuando 12 % de la lechería tenía banco de biomasa, el déficit de alimento en el período seco se pudo satisfacer en 47 %, y solo 13 % con recursos externos. Con la siembra de 20 ha en esta unidad, el banco de biomasa solucionó 95 % del déficit de la seca.

El equilibrio alcanzado en la alimentación de los animales con la introducción de esta tecnología en las áreas de pastoreo se reflejó en el incremento paulatino

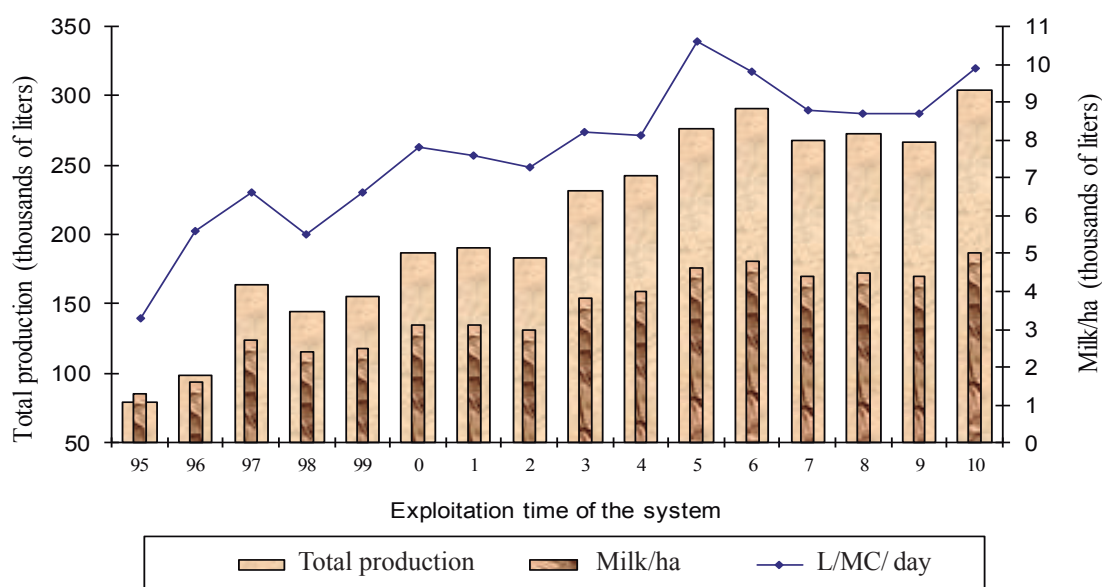


Figure 1. Productive indicators in a dairy with biomass bank technologies

silvopastoral system with leucaena and the use of CT-115 for meat production in the tropic, can reach the animals slaughter at 22 months of age, with 445kg of liveweight in 363 days of stayed in fattening and MDG of 838g animal<sup>-1</sup>. These results are more relevant, when being obtaining only with an expense of 180kg of supplement per animal which it is slaughter during the whole fattening period.

Similar results obtained Iglesias (2003), when using associate systems of guinea grass (*Panicum maximum* vc. Likoni) with leucaena for the male zebu fattening (without energy- protein supplementation), although in the dry season the daily mean gains only reached 429 g per animal. This author, when comparing this technology with a protein bank system and grass monoculture (guinea), showed that the accumulated mean gain (table 6) was higher for the association, and higher than 620 g/animal/d, which caused animals with higher weight to 400kg, at 26 months of age.

The associated systems of grasses and legumes, with

de los indicadores productivos de la vaquería (figura 1).

Estudios desarrollados por Díaz (2008), en un área de 14.5 ha, demostraron que el uso de tecnologías agroecológicas, como la asociación de gramíneas y leguminosas herbáceas, silvopastoreo con leucaena y el uso del CT-115 para la producción de carne en el trópico, pueden alcanzar el sacrificio de los animales a los 22 meses de edad, con 445 kg de peso vivo en 363 d de permanencia en la ceba y GMD de 838 g animal<sup>-1</sup>. Estos resultados son más relevantes, al obtenerse solo con un gasto de 180 kg de suplemento por animal que se sacrifica durante todo el período de engorde.

Resultados similares obtuvo Iglesias (2003), al usar sistemas asociados de pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni) con leucaena para el engorde de macho cebú (sin suplementación energético-proteica), aunque en la época poco lluviosa las ganancias media diarias solo alcanzaron 429 g por animal. Este autor, al comparar esta tecnología con un sistema de banco de proteína y el monocultivo de pasto (guinea), señaló que la ganancia media acumulada

Table 6. Live weight (kg) and MDG per time and accumulated total (g).

| Technologies | Initial fattening |     |      | Final fattening |                    |                  | Accumulated gain |
|--------------|-------------------|-----|------|-----------------|--------------------|------------------|------------------|
|              | ILW               | FLW | Gain | ILW             | FLW                | Gain             |                  |
| Association  | 147.3             | 310 | 821  | 311             | 400.0 <sup>a</sup> | 429 <sup>a</sup> | 623 <sup>a</sup> |
| Protein bank | 147.5             | 308 | 810  | 310             | 372.5 <sup>b</sup> | 301 <sup>b</sup> | 555 <sup>b</sup> |
| Monoculture  | 148.4             | 311 | 821  | 311             | 366.5 <sup>b</sup> | 268 <sup>b</sup> | 538 <sup>b</sup> |
|              | 3.1               | 6.0 | 19.9 | 6.0             | 7.4*               | 13.1*            | 11.2*            |

<sup>a,b</sup> Values with non common superscripts in the vertical differ at  $P < 0.05$  (Duncan 1955).

ILW: Initial live weight FLW: Final live weight. \*\* $P < 0.05$

the minimum use of supplement, are an economically viable option in the tropics for grazing cattle fattening (Cino *et al.* 2011). Although legumes can have low persistence, because they are more sensitive to high intensity and grazing pressure, stocking rate and size of the animal bite, with appropriate management and supplementation fit, it can obtain higher mean daily gains of liveweight (Díaz 2004).

It can be concluded that the generation and multiplication of productive systems, under agro-ecological principles that privilege the persistence and species coexistence, the high biomass production and maximize the photosynthesis process, they transform into a practical and real alternative to the environmental regulation in cattle agro-ecosystems, because they are able to also generate , environmental services.

During the evolution process, the man developed production systems with simple technologies that were reliable, it was only to exploit these systems with very expensive external components. However, that is not the way the nature has to make reliable, sustainable and less polluting systems. The nature preferred a very different way: to make that the systems were sustainable per amount of components that do the same task, components that can fail and the system continues.

(tabla 6) fue superior para la asociación, y superior a los 620 g/animal/d, lo que propició animales con peso superior a los 400 kg, a los 26 meses de edad.

Los sistemas asociados de gramíneas y leguminosas, con el mínimo uso de suplementos, son una opción económicamente viable en los trópicos para la ceba bovina en pastoreo (Cino *et al.* 2011). Aunque las leguminosas pueden tener baja persistencia, porque son más sensibles a la alta intensidad y presión de pastoreo, carga y tamaño del mordisco del animal, con manejo adecuado y ajuste de la suplementación, se puede obtener ganancias medias diarias altas de peso vivo (Díaz 2004).

Se puede concluir que la generación y multiplicación de sistemas productivos, con principios agroecológicos que privilegien la persistencia y convivencia de las especies, la alta producción de biomasa y maximicen el proceso de la fotosíntesis, se convierten en una alternativa práctica y real para la regulación ambiental en agroecosistemas ganaderos, ya que son capaces de generar además, servicios ambientales.

Durante el proceso de evolución, el hombre desarrolló sistemas de producción con tecnologías simples que fueron confiables, era solo explotar esos sistemas con componentes externos muy costosos. Sin embargo, ese no es el modo que la naturaleza tiene para hacer sistemas confiables, sustentables y menos contaminantes. La naturaleza prefirió un camino diferente: hacer que los sistemas sean sustentables por cantidad de componentes que hacen la misma tarea, componentes que pueden fallar y el sistema seguir adelante.

## REFERENCES

- Alonso, J. 2004. Factores que intervienen en la producción de biomasa de un sistema silvopastoral Leucaena (*L. leucocephala*) Guinea (*P. maximum*). Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 120 p.
- Alonso, L. J., Valenciaga, V. N., Arruda, S. R. & Demolin, L. G. L. 2007. "Zoological diversity associated to a silvopastoral system leucaena-guinea grass with different establishment times". *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 42 (12): 1667–1674, ISSN: 0100-204X, DOI: 10.1590/S0100-204X2007001200001.
- Altieri, M. A., Funes, M. F. R. & Petersen, P. 2011. "Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty". *Agronomy for Sustainable Development*, 32 (1): 1–13, ISSN: 1774-0746, 1773-0155, DOI: 10.1007/s13593-011-0065-6.
- Altieri, M. & Nicholls, C. 2004. *Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems*. 2nd ed., Binghamton, NY: CRC Press, 259 p., ISBN: 978-1-56022-923-0.
- Cino, D. M., Díaz, A., Castillo, E. & Hernández, J. L. 2011. "Cattle fattening in *Leucaena leucocephala* grazing: some economic and financial indicators for making decisions". *Cuban Journal of Agricultural Science*, 45 (1): 7–10, ISSN: 2079-3480.
- Díaz, A. 2004. Preceba bovina en pastoreo con asociación de leguminosas rastrera y pasto natural. M.Sc. Thesis, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 56 p.

- Díaz, A. 2008. Producción de carne bovina en pastoreo con gramíneas y leguminosas. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 80 p.
- FAO 2012. El estado de los bosques del mundo. Roma, Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 50 p., ISBN: 978-92-5-307292-7, Available: <<http://www.fao.org/docrep/016/i3010s/i3010s.pdf>>, [Consulted: April 4, 2016].
- Funes, M. F., Tittonell, P. & López, R. S. 2009. “La diversidad y eficiencia de los sistemas agrícolas, elementos clave para la intensificación agroecológica”. In: *Agrodesarrollo'09 - Por una agricultura con futuro - II Simposio Internacional “Extensionismo, transferencias de tecnologías, aspectos socioeconómicos y desarrollo agrario sostenible”*, Matanzas, Cuba: Estación Experimental Índio Hatuey, pp. 251–255, ISBN: 978-959-16-1036-2, Available: <<http://prodinra.inra.fr/record/31009>>, [Consulted: April 4, 2016].
- García, T. R. 1996. Los animales en los sistemas agroecológicos. La Habana, Cuba: Asociación Cubana de Agricultura Ecológica y Pan para el Mundo, 95 p., Available: <[http://doctoradoagroecologia2010.pbworks.com/f/Los+animales+en+los+Sis+Agroecologicos+\\_libro\\_.pdf](http://doctoradoagroecologia2010.pbworks.com/f/Los+animales+en+los+Sis+Agroecologicos+_libro_.pdf)>, [Consulted: April 4, 2016].
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. CATIE, 392 p., ISBN: 978-9977-57-385-4, Available: <[https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=rnqan8BOVNAC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Agroecolog%C3%ADa:+Procesos+Ecol%C3%B3gicos+en+Agricultura+Sostenible+2009&ots=AhEkLuvmlG&sig=qBbEQrxZLzcKDjuiVDhlnBZ9yIk&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com/cu/books?hl=es&lr=&id=rnqan8BOVNAC&oi=fnd&pg=PR1&dq=Agroecolog%C3%ADa:+Procesos+Ecol%C3%B3gicos+en+Agricultura+Sostenible+2009&ots=AhEkLuvmlG&sig=qBbEQrxZLzcKDjuiVDhlnBZ9yIk&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)>, [Consulted: April 4, 2016].
- Hernández, M. & Sánchez, S. 2006. “Evolución de la composición química y la macrofauna edáfica en sistemas silvopastoriles”. In: *IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la Producción Pecuaria Sostenible*, Centro de Convenciones de Plaza América, Varadero, Cuba, p. 107.
- Ibrahim, M., Villanueva, C., Casasola, F. & Rojas, J. 2006. “Sistemas silbo pastoriles como una herramienta para el mejoramiento de la productividad y restauración de la integridad ecológica de paisajes ganaderos”. *Pastos y Forrajes*, 29 (4): 383–419, ISSN: 2078-8452.
- Iglesia, J. M. & Martín, G. 2011. “Los Sistemas Silvopastoriles en Cuba”. *Rev. Sist. Prod. Agroecol.*, 2 (1): 81–102.
- Iglesias, J. M. 2003. Los sistemas silvopastoriles, una alternativa para la crianza de bovinos jóvenes en condiciones de bajo insumos. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba.
- Iglesias, J. M., Hernández, D., Simón, L., Zamora, A. & Mejías, R. 2011. “Sistemas de pastoreo para hembras bovinas de reemplazo”. In: Milera R. M. (ed.), *Recursos forrajeros herbáceos y arbóreos*, Estación Experimental de Pastos y Forrajes, p. 377, ISBN: 978-959-7138-05-1.
- Lok, S. 2005. Estudio y selección de indicadores de estabilidad del sistema suelo-planta en pastizales en explotación. Ph.D. Thesis, Instituto de Ciencia Animal, La Habana, Cuba, 120 p.
- Martínez, J. C. 2013. Producción y descomposición de hojarasca en sistemas silvopastoriles de estratos múltiples y su efecto sobre propiedades bioorgánicas del suelo en el valle medio del Río Sinú. Ph.D. Thesis, Medellín, Colombia, 178 p.
- Martínez, O. 2001. Manual de producción de biomasa: Yerba Elefante CT-115. La Habana, Cuba: Consejo de Iglesias de Cuba, Department de Coordinación y Asesoría de Proyectos, CIC-DECAP, 27 p., Available: <[https://books.google.com/cu/books/about/Manual\\_de\\_producci%C3%B3n\\_de\\_biomasa.html?id=CxGemweACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com/cu/books/about/Manual_de_producci%C3%B3n_de_biomasa.html?id=CxGemweACAAJ&redir_esc=y)>, [Consulted: April 4, 2016].
- Martínez, O. 2006. “Bancos de biomasa para la sostenibilidad de la ganadería tropical”. In: *Estrategias de alimentación para el ganado bovino en el trópico*, La Habana, Cuba: EDICA, p. 123.
- Mejías, R., Ruiz, T. & López, M. A. 2000. “Evaluación del crecimiento y la reproducción de novillas lecheras en pastoreo de leguminosas”. In: *I Congreso Internacional Sobre Mejoramiento Animal*, La Habana, Cuba: CITMA, p. 132.
- Molina, C. H. & Uribe, F. 2005. “Experiencia de producción limpia de ganaderías en pastoreo”. In: *III Seminario Internacional sobre competitividad en leche y carne. Experiencia en producción limpia de ganadería en pastoreo*, Cali, Colombia, p. 157.
- Murgueitio, E. 2003. “Investigación participativa en sistemas silvopastoriles integrados: La experiencia de CIPAV en Colombia”. In: *Taller Internacional Ganadería Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente*, La Habana, Cuba, p. 207.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A. & Solorio, B. 2011. “Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands”. *Forest Ecology and Management*, 261 (10): 1654–1663, ISSN: 0378-1127, DOI: 10.1016/j.foreco.2010.09.027.
- Murovhi, N. R., Materechera, S. A. & Mulugeta, S. D. 2012. “Seasonal changes in litter fall and its quality from three subtropical fruit tree species at Nelspruit, South Africa”. *Agroforestry Systems*, 86 (1): 61–71, ISSN: 0167-4366, 1572-9680, DOI: 10.1007/s10457-012-9508-6.
- Naranjo, J. F., Cuartas, C. A., Murgueitio, E., Chará, J. & Barahona, R. 2012. “Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia”. *Livestock Research for Rural Development*, 24 (8) ISSN: 0121-3784, Available: <<http://www.lrrd.org/lrrd24/8/nara24150.htm>>, [Consulted: April 4, 2016].
- Navarro, G. H., Santiago, S. A., Musálem, S. M. Á., Vibrans, L. H. & Pérez, O. M. A. 2012. “La diversidad de especies útiles y sistemas agroforestales”. *Revistas Chapingo Seria Ciencias Forestales y del Ambiente*, 18 (1): 71–86, ISSN: 01863231, DOI: 10.5154/r.rchscfa.2010.11.124.
- Peters, M., van der Hoek, R. & Schultze, K. R. 2010. “Los pastos y Forrajes en el trópico. Retos en el marco de un desarrollo sostenible”. In: *III Congreso de Producción Animal Tropical. V Foro latinoamericano de Pastos y Forrajes*, La Habana, Cuba: Instituto de Ciencia Animal, p. 19, ISBN: 978-959-7171-31-7.
- Reinoso, M. 2000. Contribución al conocimiento del potencial lechero y reproductivo de sistemas de pastoreo racional arborizado empleando vacas Siboney de Cuba. Ph.D. Thesis, Universidad Central de Las Villas, Villa Clara, Cuba.
- Román, M. M. L., Martínez, R. L. A., Mora, S. A., Torres, M. P., Gallegos, R. A. & Avendaño, L. A. 2013. “*Leucaena*

- lanceolata S. Watson ssp. lanceolata, especie forestal con potencial para ser introducida en sistemas silvopastoriles”. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 19 (1): 103–114, ISSN: 2007-3828, 2007-4018, DOI: 10.5154/r.rchscfa.2011.09.070.
- Ruiz, T. E., Alonso, J., Febles, G. & Lok, S. 2005. “Las leguminosas para la producción de biomasa en el trópico”. In: III Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes, La Habana, Cuba.
- Ruiz, T. E., Crespo, G. & Febles, G. 2003. “Tendencias de la investigación científica sobre pastos tropicales”. In: II Foro Latinoamericano de Pastos y Forrajes, La Habana, Cuba.
- Ruiz, T. E., Febles, G. & Alonso, J. 2015. “A scientific contribution to legume studies during the fifty years of the Institute of Animal Science”. Cuban Journal of Agricultural Science, 49 (2): 233–241, ISSN: 2079-3480.
- Simón, L. 2005. “Impacto bioeconómico y ambiental de la tecnología del silvopastoreo racional en Cuba”. In: Simón L. (ed.), Silvopastoreo: un nuevo concepto de pastizal, Matanzas, Cuba: Estación Experimental de Pastos y Forrajes ‘Indio Hatuey’, p. 203.
- Valenciaga, N., Herrera, M., Mora, C. & Noda, A. C. 2010. “Assessment and determination of infestation levels of phytophagous insects in a leucaena-guinea grass agro-ecosystem.”. Cuban Journal of Agricultural Science, 44 (3): 309–315, ISSN: 2079-3480.

**Received: May 19, 2015**