

Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios

Management alternatives of soil fertility in livestock production ecosystems

Saray Sánchez, Marta Hernández y F. Ruz¹

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"

Central España Republicana, CP 44280, Matanzas, Cuba

E-mail: saray.sanchez@indio.atenas.inf.cu

Resumen

En Cuba, debido a la degradación que presentan los suelos, se requiere de un manejo integrado para potenciar su capacidad productiva en beneficio del hombre y lograr el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria. Esta situación demanda que los profesionales, técnicos y responsables de la producción agropecuaria amplíen sus conocimientos relacionados con el manejo y conservación de este recurso, de modo que con su trabajo se pueda lograr un equilibrio en el sistema suelo-planta-animal, que posibilite mejorar el medio ambiente, lograr producciones más ecológicas y obtener mayores beneficios económicos y sociales para el país. En este artículo se presentan algunos resultados generados en diferentes instituciones científicas en cuanto al uso de tecnologías adecuadas en el manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios, así como las experiencias de su introducción en la práctica productiva con el fin de contribuir al desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en Cuba.

Palabras clave: Ecosistema, ganadería, manejo del suelo

Abstract

In Cuba, due to soil degradation, integrated management is required to enhance their productive capacity in benefit of man and achieve sustainable development and the necessary food security. This situation demands that the professionals, technicians and people responsible for livestock production increase their knowledge related to the management and conservation of this resource, so that with their work balance can be achieved in the soil-plant-animal system, which allows improving the environment, achieving more ecological productions, and attaining higher economic and social benefits for the country. In this paper some results are shown generated in different scientific institutions regarding the use of adequate technologies of soil fertility management in agricultural and livestock production ecosystems, as well as the experiences of their introduction in productive practice in order to contribute to sustainable development and food security in Cuba.

Key words: Ecosystem, livestock production, soil management

¹ Estudiante de la maestría en Pastos y Forrajes

Introducción

El suelo es un recurso natural que a lo largo de la historia ha proporcionado el sustento para la población humana; sin embargo, la creciente población mundial y su demanda de alimentos aumentan cada día más la presión sobre este recurso. En las zonas tropicales del mundo se buscan alternativas para conservar los suelos, pues se ha confirmado que no es el clima cálido lo que impide una producción adecuada de la tierra, sino el manejo inadecuado de estos.

De acuerdo con los datos del Instituto de Suelos (2006), es importante adoptar alternativas agroecológicas para acometer de forma gradual acciones que minimicen y brinden soluciones a corto, mediano y largo plazo, ya que el 69,6% de los suelos tienen bajo contenido de MO y el 43,3% presentan una erosión de fuerte a mediana, lo cual limita su productividad.

En este sentido, son numerosos los trabajos realizados con el objetivo de mejorar o incrementar los rendimientos de los cultivos, que incluyen el aporte de fuentes de abonos orgánicos y la implementación de diferentes tipos de biofertilizantes, ambos con diversos usos (Vilches y Núñez, 2000; Suárez *et al.*, 2002). No obstante, la solución de los principales problemas que afectan los suelos agrícolas de Cuba debe ser vista, como señalan Funes-Monzote *et al.* (2008), con un enfoque sistémico e integrador y no como una solución aislada, pues se concatenan factores naturales y antrópicos. Por ello un manejo integrado de los suelos –llamado también manejo ecológico o sostenible– resulta de vital importancia para potenciar su capacidad productiva en beneficio del hombre.

Entre las acciones para proteger los ecosistemas agropecuarios y prevenir su degradación, la aplicación de abonos orgánicos tiene una importancia significativa, pues resulta insoslayable que la materia orgánica, y particularmente el humus, es el sostén básico para la vida en este medio y puede definir su potencial productivo (Paneque y Calaña, 2004). En este contexto se incluyen: estiércoles animales, residuos de cosecha, compost y humus de lombriz, entre otros.

Introduction

Soil is a natural resource which throughout history has provided sustenance for the human population; however, the growing world population and its demand for food progressively increase the stress on this resource. In tropical zones of the world alternatives are sought to preserve soils, because it has been confirmed that hot climate is not the factor which prevents adequate land production, but rather soil inadequate management.

According to the data of the Instituto de Suelos (Soil Institute) (2006), it is important to adopt agroecological alternatives to gradually implement actions that minimize and provide short-, medium- and long-term solutions, because 69,6% of the soils have low OM content and 43,3% show strong to moderate erosion, which limits their productivity.

In this sense, many works have been conducted with the objective of improving or increasing crop yields, which include the contribution of organic fertilizer sources and the implementation of different types of biofertilizers, with diverse uses (Vilches and Núñez, 2000; Suárez *et al.*, 2002). However, the solution of the main problems that affect agricultural soils in Cuba should be seen, as stated by Funes-Monzote *et al.* (2008), with a systemic and integrative approach and not as an isolated solution, because natural and anthropic factors are concatenated. For such reason, an integrated soil management- also called ecological or sustainable management- is extremely important to enhance their productive capacity to benefit man.

Among the actions to protect agricultural and livestock production ecosystems and prevent their degradation, the application of organic fertilizers is significantly important, because organic matter, and particularly humus, is the basic sustenance for life in this environment and can define its productive potential (Paneque and Calaña, 2004). In this context the following are included: animal manure, harvest residues, compost and earthworm humus, among others.

This paper presents some of the results generated in different scientific institutions

En este artículo se presentan algunos de los resultados generados en diferentes instituciones científicas en cuanto al uso de tecnologías adecuadas en el manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios, así como las experiencias de su introducción en la práctica productiva con el fin de contribuir al desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria en Cuba.

Utilización de los estiércoles, compost y humus de lombriz como abonos orgánicos

Una práctica muy conocida y aplicada en el mundo entero es el uso de estiércol de diversos animales para restituir los nutrientes al suelo (Noriega *et al.*, 2001). Estos tienen la ventaja de que además de restituir los elementos mayores, aportan otros que han sido exportados del campo con las cosechas y enriquecen el suelo con materia orgánica, tan necesaria para mantener su fertilidad.

En Cuba se aprovecha fundamentalmente el depositado en las naves de las vaquerías. En este sentido, el estiércol y los residuales líquidos que se acumulan en las instalaciones pecuarias pueden llegar a constituir recursos valiosos para aumentar la fertilidad de los suelos y producir energía renovable con el biogás, a partir de la fermentación anaerobia.

Los biodigestores deben considerarse como un componente esencial en el sistema agropecuario y no simplemente como una manera de producir combustible a partir de la excreta animal. El tratamiento de los residuos agrícolas y pecuarios, adicionalmente a su beneficio energético por la producción de biogás, tiene un efecto inmediato en la descontaminación ambiental y significa, además, una producción adicional de biofertilizante (Bui Van *et al.*, 2002; Chao y Pérez, 2003).

Este biofertilizante o bioabono está constituido por la fracción que no alcanza a fermentarse; por su presentación casi líquida, permite un fácil manejo en los sistemas con riego. Su uso ha sido probado en varios países y en diferentes cultivos; se reportan incrementos en las cosechas y mejora en las propiedades del suelo, a diferencia de los fertilizantes químicos que reducen la pro-

regarding the use of adequate technologies of soil fertility management in livestock production ecosystems, as well as the experiences of their introduction in productive practice aiming at contributing to sustainable development and food security in Cuba.

Utilization of manures, compost and earthworm humus as organic fertilizers

A well known and widely-applied practice worldwide is the use of manure from diverse animals to return nutrients to the soil (Noriega *et al.*, 2001). They have the advantage that in addition to returning the macro-elements, they contribute others that have been exported from the field with the harvests and enrich the soil with organic matter that is necessary to maintain its fertility.

In Cuba the manure deposited in the dairy sheds is mainly utilized. In this sense, the manure and liquid residues accumulated in livestock production facilities can become valuable resources to increase soil fertility and produce renewable energy with biogas, from anaerobic fermentation.

Biodigestors should be considered an essential component in the livestock production system and not only as a way to produce fuel from animal excreta. The treatment of agricultural and livestock production residues, in addition to its energy benefit for biogas production, has an immediate effect on environmental decontamination and also means additional biofertilizer production (Bui Van *et al.*, 2002; Chao and Pérez, 2003).

This biofertilizer is constituted by the non-fermented fraction; due to its almost liquid presentation, it allows easy management in systems with irrigation. Its use has been tested in several countries and different crops; harvest increases and improvement of soil properties are reported, unlike chemical fertilizers, which reduce soil productivity. Manure has a large number of nutrients for plants; organic nitrogen should be turned into ammoniacal nitrogen before being absorbed by the plants. The value of nutrients in manure should be taken into consideration. A ton

ductividad de la tierra. El estiércol contiene un buen número de nutrientes para las plantas; el nitrógeno orgánico debe ser convertido a nitrógeno amoniacal antes de ser absorbido por las plantas. El valor de los nutrientes en el estiércol se debe tener muy en cuenta. Una tonelada de estiércol típico (de vaca), con un contenido aproximado de 50% de humedad, contiene alrededor de 42 kg de nitrógeno (N), 18 kg de P_2O_5 y 26 kg de K_2O (Crespo y Fraga, 2006).

Esto resulta de gran importancia si se tiene en cuenta que los volúmenes de excretas que se acumulan son generalmente grandes. Según Crespo *et al.* (2010), en vaquerías típicas de 120 vacas se han cuantificado más de 300 t y en las unidades de 288 vacas más de 900 t en un año (tabla 1).

Otra opción es la confección de compost; se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas, según Mayea (1994), proceden de:

- Restos de cosechas. Pueden emplearse para hacer compost o como acolchado. Los restos vegetales jóvenes o frescos, tales como hojas, frutos y tubérculos, son ricos en nitrógeno y pobres en carbono; lo contrario ocurre con restos como troncos, ramas, tallos, aserrines, etc.
- Abonos verdes, residuos de césped, malas hierbas, etc.
- Las ramas de la poda de los frutales y otros árboles. Es preciso triturarlas antes de su incorporación al compost, para que no se alargue demasiado el período de descomposición.

of typical (cow) manure, with an approximate content of 50% moisture, contains around 42 kg of nitrogen (N), 18 kg of P_2O_5 and 26 kg of K_2O (Crespo and Fraga, 2006).

This is highly important if it is taken into account that the accumulated excreta volumes are generally large. According to Crespo *et al.* (2010), in typical dairy units of 120 cows more than 300 t have been quantified and in the units with 288 cows, more than 900 t in one year (table 1).

Another option is compost elaboration; any organic matter can be used, if it is not contaminated. Generally, these raw materials, according to Mayea (1994), originate from:

- Harvest remains. They can be used to make compost or as mulch. Young or fresh plant remains, such as leaves, fruits and tubers, are rich in nitrogen and poor in carbon; the contrary occurs with such remains as trunks, branches, stems, sawdust, etc.
- Green manures, turfgrass residues, weeds, etc.
- Branches from pruning fruit trees and others. It is necessary to crush them before their incorporation to compost, so that the decomposition period is not too long.
- Urban remains. This refers to all those organic remains from the domestic sector, such as refuse, wastes from cooking, from slaughterhouses, from markets of agricultural products, etc.
- Animal feces. Cattle manure stands out, although chicken dung, rabbit dung, liquid manures and horse and sheep dung are of interest.

Tabla 1. Estiércol disponible en diferentes unidades de explotación pecuaria y de investigación.
Table 1. Manure available in different livestock production and research units.

Tipo de explotación	Lugar	Estiércol disponible, t/año
Ceba estabulada	Cebadero Galope (Pinar del Río)	60 000
Ceba de machos lecheros	Empresa Rectángulo (Camagüey), una instalación con 259 animales	360
Lechera	Empresa Valle del Perú, tres distritos	35 116
Lechería típica con 120 vacas	Áreas experimentales	387
Lechería típica con 288 vacas	Áreas experimentales	927

- Restos urbanos. Se refiere a todos aquellos restos orgánicos procedentes del sector doméstico, como pueden ser las basuras, los restos de cocina, de animales de mataderos, de mercados de productos agrícolas, etc.
- Estiércol animal. Se destaca el estiércol vacuno, si bien son de interés la gallinaza, la conejita, los purines y los estiércoles de caballo y de oveja.
- Plantas marinas. Anualmente se recogen en las playas grandes cantidades de fanerógamas marinas, como *Posidonia oceanica*, que pueden emplearse como materia prima para la fabricación de compost, ya que son compuestos ricos en N, P, C, oligoelementos y biocompuestos, cuyo aprovechamiento en la agricultura como fertilizante verde puede ser de gran interés.
- Algas. También pueden emplearse numerosas especies de algas marinas, ricas en agentes antibacterianos y antifúngicos.

Las características químicas, físicas y biológicas dependen de la naturaleza de los residuos y del proceso a que se someten. En la tabla 2 se presenta el análisis químico de los principales abonos orgánicos que se utilizan en la agricultura. Es importante señalar que los valores expresados en la tabla pueden servir de referencia para evaluar dichos abonos, pero no deben tomarse como definitivos porque pueden variar según su procedencia. Cada productor debe disponer de la caracterización del abono orgánico que aplique.

El humus de lombriz –conocido por diversos nombres: *casting*, lombricompost, entre otros– es considerado por muchos investigadores y productores como uno de los mejores abonos orgánicos del mundo. La cantidad de elementos nutritivos depende de las características químicas del sustrato con que se alimentan las lombrices (Martínez *et al.*, 2003; Legall y Zoyla, 2008).

Esta tecnología de tratamiento de los residuales sólidos orgánicos mediante la lombricultura ha pasado por varias etapas desde su introducción en la década de los 80, las cuales han estado matizadas por numerosas investiga-

- Sea plants. Large amounts of sea phanerogams, such as *Posidonia oceanica*, are annually gathered on the beaches, which can be used as raw material for elaborating compost, because they are compounds rich in N, P, C, mineral nutrients and biocompounds, which utilization in agriculture as green manure can be of great interest.
- Algae. Many seaweed species, rich in antibacterial and antifungal agents, can also be used.

The chemical, physical and biological characteristics depend on the nature of the residues and the process to which they are subjected. Table 2 shows the chemical analysis of the main organic fertilizers used in agriculture. It is important to state that the values expressed in the table can serve as reference to evaluate such fertilizers, but should not be taken as definitive because they can vary according to their origin. Each farmer should have the characterization of the organic fertilizer he/she applies.

Earthworm humus –known by diverse names: casting, vermicompost, among others– is considered by many researchers and farmers one of the best organic fertilizers in the world. The quantity of nutritional elements depends on the chemical characteristics of the substratum with which earthworms are fed (Martínez *et al.*, 2003; Legall and Zoyla, 2008).

This technology of solid organic residual treatment through vermiculture has gone through several stages since its introduction in the 1980's, which have been characterized by many studies determining its progress. The most important results in this regard were pointed out by Martínez and Arias (2010); among them are:

- The determination of the humus dose applied depending on the crop and soil, which varies between 2 and 8 t/ha, but its most frequent value is 4 t/ha, together with 25-50% of mineral fertilization.
- The humus doses were determined in: tobacco, potato, sweet potato, banana (*in vitro*), tomato, pepper, garlic, onion, organoponic crops, rice, corn, Jamaican star grass and rhodes, papaya

Tabla 2. Valores medios de nutrientes en residuales orgánicos.
Table 2. Mean nutrient values in organic residues.

Material	%			C/N	
	Materia orgánica	N	P		K
Cachaza (CAI)	79	2,10	2,32	1,23	22/1
Estiércol vacuno fresco	65	1,50	0,62	0,90	25/1
Gallinaza camada	54	1,70	1,20	1,00	18/1
Estiércol porcino	45	2,50	0,60	0,50	10/1
Estiércol ovino caprino	30	0,55	0,26	0,25	32/1
Estiércol equino	17	0,42	0,30	0,70	24/1
Estiércol conejo	40	1,25	1,01	1,18	19/1
Turba interior (alta)	60	1,12	0,71	0,14	31/1
Guano de murciélago	48	3,50	5,25	0,80	8/1
Pulpa de cacao	91	3,21	1,15	3,74	16/1
Gallinaza pura	45	3,50	2,50	2,60	7/1
Paja de arroz	80	0,60	0,30	1,60	77/1
Cascarilla de arroz	80	0,70	0,40	0,80	66/1
Hoja de plátano	85	1,50	0,19	2,80	32/1
Pulpa de café	90	1,80	0,30	3,50	29/1
Hoja de frijol	93	2,00	0,58	2,20	27/1
Restos de hortalizas	70	1,10	0,29	0,70	37/1
Hollejo de naranja	73	0,74	1,32	0,86	57/1
Hierba seca (gramíneas)	70	0,50	0,30	0,90	81/1
Palo de tabaco	71	2,17	0,54	2,78	19/1
Paja de maíz	97	0,18	0,38	1,64	312/1

Fuente: Colectivo de autores (2010)

ciones que han determinado su avance. Los resultados más importantes al respecto fueron señalados por Martínez y Arias (2010); entre ellos se encuentran:

- Se determinó la dosis de humus que se aplica en dependencia del cultivo y del suelo, la cual oscila entre 2 y 8 t/ha, pero su valor más frecuente es de 4 t/ha, conjuntamente con el 25-50% de la fertilización mineral.
- Se precisaron las dosis de humus en: tabaco, papa, boniato, plátano (*in vitro*), tomate, ají chay, pimiento, ajo, cebolla, cultivos de organopónico, arroz, maíz, pasto estrella jamaicano y rhodes, viveros de fruta bomba y guayaba, y en plantaciones de guayaba. A partir de estas dosis y con la tabla primaria de características químicas del humus y los resultados del almacenamiento, se preparó un manual para la manipulación y uso del humus de lombriz, que fue generalizado en las direcciones provinciales de suelos del país.

and guava nurseries, and in guava plantations. From these doses and with the primary chart of chemical characteristics of humus and the storage results, a handbook was prepared for the handling and use of earthworm humus, which was generalized in the provincial soil directions of the country.

The use of earthworm humus in different agricultural crops, the doses used and its potential for substituting chemical fertilizers are shown in table 3.

The research results not only contributed to increase the theoretical-practical knowledge about the characteristics of earthworm humus and its relations to soil, mineral fertilizers and plants, but they also had a positive impact on the economy of the country through beneficial modifications in the livestock production system.

This technology is one of the most generalized in the country; the benefits of earthworm humus in agricultural production and its importance in

El uso del humus de lombriz en diferentes cultivos agrícolas, las dosis utilizadas y su potencialidad para la sustitución de fertilizantes químicos se muestran en la tabla 3.

Los resultados de las investigaciones no solo contribuyeron a aumentar el conocimiento teórico práctico sobre las características del humus de lombriz y sus relaciones con el suelo, los fertilizantes minerales y las plantas, sino también tuvieron un impacto positivo en la economía del país a través de modificaciones beneficiosas en el sistema de producción agropecuaria.

Esta tecnología es una de las más generalizadas en el país; se conocen los beneficios del humus de lombriz en la producción agrícola y su importancia en la elaboración de harina para la alimentación animal, lo que permite reorientar la lombricultura de forma integral, con un enfoque ambiental y nutricional para lograr un desarrollo endógeno sostenible (Peña, 2009).

Por otra parte, Echeverría *et al.* (2009) evaluaron la contribución del uso de los abonos orgánicos en la fertilización de cultivos forrajeros tropicales, los cuales fueron aplicados en suelo Ferralítico rojo lixiviado, de La Habana; Pardo grisáceo, de Camagüey; y Gley nodular ferruginoso, de Villa Clara. Se evaluaron tres tratamientos: testigo absoluto, humus de lombriz a razón de 6 ó 10 t/ha en dependencia del tipo de suelo y su fertilidad, y estiércol vacuno a razón de 25 ó 40 t/ha. El humus de lombriz se aplicó de forma localizada en el fondo del surco al mo-

meal elaboration for animal feeding are known, which allows reorienting vermiculture integrally, with an environmental and nutritional approach to achieve sustainable endogenous development (Peña, 2009).

On the other hand, Echeverría *et al.* (2009) evaluated the contribution of the use of organic fertilizers in the fertilization of tropical forage crops, which were applied on lixiviated Ferralitic red soil, from Havana; grayish Brown soil, from Camagüey and ferruginous nodular Gley soil, from Villa Clara. Three treatments were evaluated: absolute control, earthworm humus at a rate of 6 or 10 t/ha depending on the soil type and fertility, and cattle manure at a rate of 25 or 40 t/ha. Earthworm humus was applied in a localized way on the row bottom at the moment of planting. The evaluated species were *Glycine max*, *Stylosanthes guianensis* and *Pennisetum purpureum*. Yields higher than 0,70 t/m²/year and substratum humus/conversion rates higher than 55% were achieved. The applications of 6-10 t of earthworm humus/ha on the row bottom at the planting moment increased the yields in around 50% as compared to the control, and they were similar to the ones obtained when manure was applied in a dispersed way at a rate of 25-40 t/ha; the doses, of both organic materials, varied depending on the soil type and its fertility.

Another technology used in soil management and conservation throughout the world is that of beneficial or effective microorganisms. The

Tabla. 3. Uso del humus de lombriz en diferentes cultivos en Cuba.
Table 3. Use of earthworm humus in different crops in Cuba.

Cultivo	Suelo	Dosis (t/ha)	Disminución de la fertilización mineral (%)
Papa	Ferralítico Rojo	5	25-50
Tabaco	Ferralítico Cuarcítico amarillo lixiviado	4	65 (fosfórica y potásica)
Plátano	Pardo sin Carbonatos	10	50
Tomate	Ferralítico Rojo	4	25-50
Ajo	Aluvial	4	100 (nitrogenada)
Cebolla	Pardo sin Carbonatos	4	50-75
Pimiento	Ferralítico Rojo	4	25
Boniato	Ferralítico Rojo	4	25

Fuente: Gandarilla y Curbelo (citados por Treto *et al.*, 2001).

mento de la siembra. Las especies evaluadas fueron *Glycine max*, *Stylosanthes guianensis* y *Pennisetum purpureum*. Se lograron rendimientos superiores a 0,70 t/m²/año y tasas de conversión sustrato/humus mayores de 55%. Se demostró que las aplicaciones entre 6 y 10 t de humus de lombriz/ha en el fondo del surco, al momento de la siembra, incrementaron los rendimientos alrededor de un 50% en comparación con el testigo, y fueron similares a cuando se aplicó estiércol de forma esparcida a razón de 25 a 40 t/ha; las dosis, tanto de uno como de otro material orgánico, variaron en dependencia del tipo de suelo y su fertilidad.

Otra de las tecnologías utilizadas en el manejo y conservación de los suelos en el mundo es la de los microorganismos benéficos o efectivos. El concepto y la tecnología de los microorganismos efectivos (EM) o microorganismos benéficos (MB), como también se les llama, fueron desarrollados por el Profesor Dr. Teruo Higa, en la Universidad de Ryukyus, Okinawa, Japón (Correa, 2008).

Según este autor, el principio fundamental de esta tecnología consiste en introducir un grupo de microorganismos benéficos para mejorar la condición de los suelos, suprimir los microorganismos putrefactivos (inductores de enfermedades) y, a través de ellos, mejorar la eficacia en la utilización de la materia orgánica.

Las investigaciones y los trabajos de campo en todos los continentes han demostrado que la inoculación de cultivos de EM al ecosistema suelo/planta mejora la calidad de los suelos, el crecimiento, el rendimiento y la calidad de los cultivos (Daly y Stewart, 1999). Al utilizar los EM en los sistemas de producción animal y en la gestión ambiental también se han encontrado beneficios en la salud y en la respuesta inmunológica e incrementos en los resultados zootécnicos (Uribe *et al.*, 2001).

Los efectos de los microorganismos en el suelo están enmarcados en el mejoramiento de las características físicas y biológicas y en la supresión de enfermedades. Entre estos, según Correa (2008), se pueden mencionar:

concept and technology of effective microorganisms (EM) or beneficial microorganisms (BM), as they are also called, were developed by Professor Dr. Teruo Higa, at the University of Ryukyus, Okinawa, Japan (Correa, 2008).

According to this author, the main principle of this technology consists in introducing a group of beneficial microorganisms to improve soil condition, suppress putrefactive microorganisms (disease inducers) and, through them, improve the efficacy in organic matter utilization.

The studies and field works in all continents have proven that the inoculation of EM cultures to the soil/plant ecosystem improves soil quality, crop growth, yield and quality (Daly and Stewart, 1999). When using EMs in animal production systems and environmental management benefits have also been found in health and immunological response and increases in animal management results (Uribe *et al.*, 2001).

- The effects of microorganisms in the soil are framed in the improvement of physiological and biological characteristics and disease suppression. Among them, according to Correa (2008), the following can be mentioned:
- Effects on the soil physical conditions: they improve soil structure and particle aggregation, reduce its compaction, increase porous spaces and improve water infiltration. Thus, the irrigation frequency is decreased; soils are capable of absorbing 24 times more water from rain and erosion due to particle washout is prevented.
- Effects on soil microbiology: they suppress or control the populations of pathogenic microorganisms which are developed in the soil; they increase microbial biodiversity, which generates the necessary conditions for native beneficial microorganisms to prosper.

The use of effective microorganisms does not substitute the other soil conservation and improvement alternatives, but constitutes a step further in their optimization. Table 4 shows the benefits that are reported with the utilization of efficient microorganisms in compost elaboration, with regards to time, quality and improvement of the biological activity (APROLAB, 2007).

- Efectos en las condiciones físicas del suelo: mejoran la estructura y la agregación de las partículas del suelo, reducen su compactación, incrementan los espacios porosos y mejoran la infiltración del agua. De esta manera se disminuye la frecuencia de riego; los suelos son capaces de absorber 24 veces más el agua proveniente de la lluvia y se evita la erosión por el arrastre de las partículas.
- Efectos en la microbiología del suelo: suprimen o controlan las poblaciones de microorganismos patógenos que se desarrollan en el suelo; incrementan la biodiversidad microbiana, lo que genera las condiciones necesarias para que los microorganismos benéficos nativos prosperen.

La utilización de los microorganismos efectivos no sustituye al resto de las alternativas de conservación y mejora de los suelos, sino que constituye un paso más en la optimización de estas. En la tabla 4 se muestran los beneficios que se reportan con la utilización de los microorganismos eficientes en la elaboración del compost, en cuanto al tiempo, la calidad y la mejora de la actividad biológica (APROLAB, 2007).

Utilización de los biofertilizantes y los bioestimuladores en la protección y el mejoramiento de los suelos

Según Dibut (2009), el término biofertilizante puede definirse como preparados que contienen células vivas o latentes de cepas microbianas

Use of biofertilizers and biostimulators in soil protection and improvement

According to Dibut (2009), the term biofertilizer can be defined as preparations that contain living or latent cells of efficient nitrogen-fixing, phosphorus-solubilizing or nutrient-enhancing microbial strains; they are applied to seeds or the soil in order to increase the number of these microorganisms in the medium and accelerate microbial processes, so that the nutrient quantities which can be assimilated by plants are increased or the physiological processes that influence crop growth and yield are accelerated.

A biostimulator is defined as the product that contains living or latent cells of microbial strains, previously selected, which produce physiologically active substances (auxins, gibberellins, cytokinins, aminoacids, peptides and vitamins) which when interacting with the plant system trigger different metabolic events to stimulate the growth, development and yield of cash crops.

Unlike biofertilizers, biostimulators are not directly associated to the substitution of doses of chemical fertilizers (N and P) in the crops, but they are used independently from the application or not of these inputs.

Conversely, their producing activity of physiologically active substances and their effect on the plant reach their maximum expression when the plant is adequately nourished. Thus, although no fertilizers are applied, a remarkable

Tabla. 4. Principales diferencias entre la producción de compost con EM y compost tradicional.

Table 4. Main differences between compost production with EM and traditional compost.

Compost con EM	Compost tradicional
Menor tiempo de descomposición. Entre 1 y 2 meses	Mayor tiempo de descomposición. Normalmente entre 3 y 6 meses
No hay presencia de malos olores ni moscas	Puede haber presencia de malos olores y moscas
Producto final con mayor contenido de nutrientes	Menor contenido nutricional en comparación al EM-compost
Mayor contenido de microorganismos benéficos	Menor contenido de microorganismos benéficos

eficientes fijadoras de nitrógeno, solubilizadoras de fósforo o potencializadoras de diversos nutrientes; estos se aplican a las semillas o al suelo con el objetivo de incrementar el número de estos microorganismos en el medio y acelerar los procesos microbianos, de tal forma que se aumenten las cantidades de nutrientes que pueden ser asimilados por las plantas o se hagan más rápidos los procesos fisiológicos que influyen en el desarrollo y el rendimiento de los cultivos.

Un bioestimulador se define como el producto que contiene células vivas o latentes de cepas microbianas, previamente seleccionadas, las cuales se caracterizan por producir sustancias fisiológicamente activas (auxinas, giberelinas, citoquininas, aminoácidos, péptidos y vitaminas) que al interactuar con el sistema planta desencadenan diferentes eventos metabólicos en función de estimular el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento de cultivos económicos.

A diferencia de los biofertilizantes, los bioestimuladores no están directamente asociados a la sustitución de dosis de fertilizantes químicos (N y P) en los cultivos, sino que se emplean independientemente de la aplicación o no de estos insumos.

Por otra parte, su actividad productora de sustancias fisiológicamente activas y su efecto sobre el vegetal alcanzan su máxima expresión cuando la planta está adecuadamente nutrida. Así, aun cuando no se apliquen fertilizantes, se obtiene un marcado efecto estimulador sobre el rendimiento; pero en este caso se debe fertilizar con enmiendas orgánicas para evitar el empobrecimiento del suelo a lo largo de varios ciclos de cosecha.

En general, tanto en el marco de la agricultura convencional como en la sostenible, incluyendo la urbana, los bioestimuladores y los biofertilizantes han encontrado un espacio único, ya que mediante su aplicación se han logrado efectos beneficiosos sobre los cultivos en grandes superficies, incluyendo la producción de semillas (Medina, 2009). En la tabla 5 se muestran las principales características de estos productos, que se han aplicado en los últimos años en Cuba.

stimulating effect on yield is obtained; but in this case fertilization should be made with organic amendments to prevent soil impoverishment along several harvest cycles.

In general, in conventional as well as in sustainable agriculture, including urban agriculture, biostimulators and biofertilizers have found a unique space, because through their application beneficial effects have been achieved on crops over large surfaces, including seed production (Medina, 2009). Table 5 shows the main characteristics of these products, which have been applied in recent years in Cuba.

Mycorrhizal fungi, based on the biopreparation Ecomic®, constitute nowadays the biofertilizer of higher action spectrum among agrobiological fertilizers. There are many results which show the advances in the effective management of inoculation in tropical agroecosystems in different economically important crops, such as: soybean, beans, peas, corn, sorghum, sunflower, wheat, cotton, banana, roots and tubers, vegetables, coffee seedlings and fruit trees; they were obtained in a wide range of conditions, on very low to high fertility soils (Rivera *et al.*, 2009).

The results of the extension campaign during 2007-2008 and 2009-2010 made by a group of researchers, according to Rivera *et al.* (2010) proved the benefits in yield and from the economic point of view, and thus the feasibility of the inoculation of cassava with this biofertilizer at productive scale. These authors found in the 31 localities, belonging to the Guantánamo, Cienfuegos, Villa Clara, Matanzas and Havana provinces, a positive effect of inoculation on yield, with an average increase of 4,7 t.ha⁻¹ which corresponds to 33% increase over the control treatment.

The inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) can be an economically and ecologically effective way to improve pasture nutrition. In this sense, a research program was developed in order to establish some scientific-technological bases for the effective management of mycorrhizal associations in these crops. The program comprised the performance of a group of trials and extension tests in pasture

Tabla. 5. Principales características de los biofertilizantes y los bioestimuladores.
Table 5. Main characteristics of biofertilizers and biostimulators.

Biopreparado	Microorganismo base	Beneficios que se obtienen de su aplicación	Forma de obtención
DIMARGON [®]	<i>Azotobacter chroococcum</i>	- Suministro entre 25-40% de las necesidades de N en cultivos varios. - Acortamiento del ciclo de cultivo. - Aumento entre 10-25% del rendimiento agrícola.	Fermentación aeróbica Forma líquida
FOSFORINA	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	- Suministro entre 50-70% de las necesidades de P en cultivos varios. - Estimulación del rendimiento entre 10-20%	Fermentación aeróbica Forma líquida y sólida
BIOFERT [®]	<i>Rhizobium</i> sp. <i>Bradyrhizobium japonicum</i>	- Suministro 60-75% de N para frijol, maní, vignas y otras leguminosas. - Suministro entre 60-80% de N para soya y leguminosas forrajeras.	Fermentación aeróbica Fase I líquida Fase II sólida
ECOMIC [®]	<i>Glomus</i> sp. HMA	- Aporte entre 25-75% de las necesidades de NPK en cultivos varios.	Reproducción asociada con cultivo
MICOFERT [®]		- Acortamiento del ciclo de viveros y cepellones. - Ligero aumento del rendimiento.	Forma sólida
AZOSPIRILLUM	<i>Azospirillum brasilense</i>	- Aporte entre 15-25% de las necesidades de N en arroz y caña de azúcar.	Fermentación aeróbica Forma líquida
AZOFERT [®]	<i>Pseudomonas cepacea</i> <i>Azospirillum</i> sp. <i>Rhizobium</i> sp. <i>Bradyrhizobium</i> sp.	- Aporte entre 25- 80% de las necesidades de N en leguminosas y cultivos varios. - Aumento entre 10-15% del rendimiento agrícola.	Fermentación aeróbica Forma sólida

Fuente: Dibut (2009)

Los hongos micorrizógenos, a base del biopreparado Ecomic[®] constituyen en la actualidad el biofertilizante de mayor espectro de acción dentro de los agrobiológicos. Existen numerosos resultados que muestran los avances en el manejo efectivo de la inoculación en agroecosistemas tropicales en diferentes cultivos de importancia económica, tales como: soya, frijol, guisantes, maíz, arroz, sorgo, girasol, trigo, algodón, plátano, raíces y tubérculos, hortalizas, posturas de café y frutales; estos se obtuvieron en una amplia gama de condiciones, en suelos con fertilidad desde muy baja hasta alta (Rivera *et al.*, 2009).

Los resultados de la campaña de extensiones durante los años 2007-2008 y 2009-2010 realizadas por un grupo de investigadores, según Rivera *et al.*, (2010), demostraron los beneficios en el rendimiento y desde el punto de vista económico, y por tanto, la factibilidad de la inoculación de la yuca con este biofertilizante a escala pro-

agroecosystems, located in the Havana, Villa Clara and Camagüey provinces, on calcic soft Brown soils (calcic Cambisol), lixiviated Ferralitic red soils (rodic Nitisol), nodular ferruginous Gley soils (plintic Gleysol) and ochric grayish Brown soils (haplic Cambisol).

The trials proved the possibility of achieving an effective management of the mycorrhizal associations in pastures through the inoculation of efficient AMF strains, and although to guarantee an adequate functioning of the symbiosis and high biomass yields, a nutrient supply from mineral or organic sources was necessary, the applied amounts were lower than those necessary to obtain similar yields in non-inoculated pastures (González *et al.*, 2007a; González *et al.*, 2007b; González *et al.*, 2007 c; Calderón and González, 2007; González *et al.*, 2008; Baños *et al.*, 2008).

Generally, the effects of nitrifying symbiotic bacteria, mycorrhizae and phosphobacteria have

ductiva. Estos autores encontraron en las 31 localidades, pertenecientes a las provincias de Guantánamo, Cienfuegos, Villa Clara, Matanzas y La Habana, un efecto positivo de la inoculación sobre el rendimiento, con un incremento promedio de 4,7 t.ha⁻¹ que se corresponde con un 33% de incremento sobre el tratamiento testigo.

La inoculación de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) puede ser una vía económica y ecológicamente efectiva para mejorar la nutrición de los pastos. En este sentido se desarrolló un programa de investigación con el objetivo de establecer algunas bases científico-tecnológicas para el manejo efectivo de las asociaciones micorrízicas en estos cultivos. El programa abarcó la realización de un grupo de experimentos y pruebas de extensión en agroecosistemas de pastizales, ubicados en las provincias de La Habana, Villa Clara y Camagüey, sobre suelos Pardo mullido cálcico (Cambisol cálcico), Ferralítico rojo lixiviado (Nitisol ródico), Gley nodular ferruginoso (Gleysol plúntico) y Pardo grisáceo ócrico (Cambisol háplico).

Los experimentos demostraron la posibilidad de lograr un manejo efectivo de las asociaciones micorrízicas en los pastos mediante la inoculación de cepas de HMA eficientes, y aunque para garantizar un adecuado funcionamiento de la simbiosis y altos rendimientos de biomasa se precisó de un suministro de nutrientes procedentes de fuentes minerales u orgánicas, las cantidades aplicadas fueron menores que las necesarias para obtener rendimientos similares en los pastos no inoculados (González *et al.*, 2007a; González *et al.*, 2007b; González *et al.*, 2007c; Calderón y González, 2007; González *et al.*, 2008; Baños *et al.*, 2008).

Generalmente se han evaluado, por separado, los efectos de las bacterias simbióticas nitrificantes, las micorrizas y las fosfobacterias; pero la combinación de estos grupos de organismos no se ha estudiado con suficiente profundidad. Los resultados de estas investigaciones a nivel mundial, con el empleo de inoculaciones combinadas de rizobios y hongos micorrízicos en los cultivos de leguminosas, han

been separately evaluated; but the combination of these organism groups has not been sufficiently studied. The results of these studies worldwide, with the use of combined inoculations of rhizobia and mycorrhizal fungi in legume crops, have provided increases in plant growth and yield, and the importance of this joint practice stands out (Hernández and Hernández, 1996; Corbera and Hernández, 1997; Corbera, 1998; Hernández and Cuevas, 2003; Corbera and Núñez, 2004; Hernández, 2008; Corbera and Nápoles, 2010).

A good response has been also obtained with the co-inoculation of rhizospheric bacteria, mainly *Rhizobium*, *Azospirillum* and *Azotobacter*. This has allowed the development of mixed biofertilizers, which represent a highly safe alternative, in balance with the environment, for the integrated management of plant nutrition; in this sense, the AMF association with these rhizobacteria represents a good example of this potential (Dibut, 2009).

The joint application of AMF with earthworm humus, under greenhouse conditions, showed that it is feasible to obtain acceptable tomato yields without using chemical fertilizers, which contributes to the non-contamination of the environment (Cun *et al.*, 2008).

Another alternative that has received increasing interest in ecological soil management is the progressive introduction of green manures. In this regard, there are many definitions. García *et al.* (2001) define it as the practice of incorporating non-decomposed phytomass, from *in situ* or imported cultivated plants, to the soil, aiming at the preservation or restoration of the productivity of agricultural lands. Da Costa (cited by Álvarez *et al.*, 1995) provided a wider concept; he states that they are plants used in rotation, succession or association with the crops, which incorporated to the soil or left on the surface, are capable of maintaining or improving the soil physical, chemical and biological characteristics.

According to León and Ravelo (2005) this also constitutes a cheap source of N supply to the plants, if it is taken into consideration that most of the species used belong to the legume family and that they fix N symbiotically from air, which volume contains 78% of this element.

proporcionado incrementos en el crecimiento y rendimiento de las plantas, y se destaca la importancia de esta práctica conjunta (Hernández y Hernández, 1996; Corbera y Hernández, 1997; Corbera, 1998; Hernández y Cuevas, 2003; Corbera y Núñez, 2004; Hernández, 2008; Corbera y Nápoles, 2010).

También se ha obtenido una buena respuesta con la coinoculación de bacterias rizosféricas, fundamentalmente *Rhizobium*, *Azospirillum* y *Azotobacter*. Esto ha permitido el desarrollo de biofertilizantes mixtos, que representan una alternativa muy segura, en equilibrio con el medio ambiente, para el manejo integrado de la nutrición de las plantas; en este sentido, la asociación HMA con estas rizobacterias representa un buen ejemplo de este potencial (Dibut, 2009).

La aplicación conjunta de HMA con humus de lombriz, en condiciones de casa de cultivo, mostró que es factible obtener rendimientos aceptables de tomate sin la utilización de fertilizantes químicos, lo que contribuye a la no contaminación del medio ambiente (Cun *et al.*, 2008).

Otra de las alternativas que han tomado creciente interés en el manejo ecológico de los suelos lo constituye la introducción paulatina de los abonos verdes. Al respecto, existen numerosas definiciones. García *et al.* (2001) lo definen como la práctica de incorporar al suelo masa vegetal no descompuesta, de plantas cultivadas *in situ* o importadas, con la finalidad de preservar o restaurar la productividad de las tierras agrícolas. Da Costa (citado por Álvarez *et al.*, 1995) dio a conocer un concepto más amplio; él plantea que son plantas utilizadas en rotación, sucesión o asociación con los cultivos, que incorporadas al suelo o dejadas en la superficie son capaces de mantener o mejorar las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

Según León y Ravelo (2005), esta vía constituye además una fuente barata de suministro de N a las plantas, si se tiene en cuenta que la mayoría de las especies utilizadas pertenecen a la familia de las leguminosas y que estas fijan el N simbióticamente del aire, cuyo volumen contiene un 78% de este elemento.

The inclusion of green manures in agricultural systems allows obtaining an economic effectiveness which oscillates between \$ 623 and \$ 1 503 Cuban pesos/ha depending on the crops and the species; the earnings are due, mostly, to the high increases of crop yield with this alternative and, to a lesser extent, to the possibility of substituting chemical fertilizers (García, 1998).

The introduction of green manures at a larger scale depends on many factors, among them: the need to produce seed in the same units where they will be used, their inclusion in rotation plans and in the association of cash crops in the farms, as well as the need of higher awareness of this practice among farmers.

Livestock production systems are an important element for the integration of soil conservation measures. Under monocrop conditions or in little diversified agricultural systems it is difficult to fulfill the proposed objectives, for which the diversification and integration of the agricultural activity with livestock production is an efficient strategy to achieve adequate nutrient management and soil fertility, as well as to utilize efficiently the available natural resources (Funes-Monzote and Monzote, 2001; Funes-Monzote and del Río, 2002).

Some authors state that agroecological systems, with high agrobiodiversity and integration, allow adequate soil use, optimize nutrient and energy flows, and fulfill multiple functions which comprise ecological, economic and social objectives (Altieri, 2002; Funes-Monzote *et al.*, 2008). Nevertheless, it is still necessary to continue documenting this type of interactions, because they guarantee sustainability at system level.

It is highly important to consider that the introduction of trees is a favorable alternative in the restoration, maintenance and sustainability of natural resources in livestock production areas of Latin America (Murgueitio, 2003). They offer socioeconomic and ecological benefits, proved by diverse scientific studies and successful experiences of livestock production farmers (Ibrahim and Mora, 2006). In general, trees can be the element of efficacious management to

La inclusión de los abonos verdes en los sistemas agrícolas permite obtener una efectividad económica que oscila entre \$ 623 y \$ 1 503 pesos cubanos/ha, en dependencia de los cultivos y las especies; las ganancias producidas se deben, en su mayor parte, a los altos incrementos del rendimiento de los cultivos con esta alternativa y, en menor cuantía, a la posibilidad de sustitución de los fertilizantes químicos (García, 1998).

La introducción de los abonos verdes en una mayor escala depende de numerosos factores, entre ellos: la necesidad de producir la semilla en las mismas unidades donde se utilizarán, la inclusión de estos en los planes de rotación y en la asociación de los cultivos económicos en las fincas, así como la necesidad de una mayor conciencia de esta práctica entre los agricultores.

Los sistemas de producción agropecuarios son un elemento importante para la integración de las medidas de conservación de los suelos. Bajo condiciones de monocultivo o sistemas agrícolas poco diversificados se hace difícil cumplir los objetivos previstos, por lo que la diversificación e integración de la actividad agrícola con la ganadería es una estrategia eficiente para lograr un manejo adecuado de los nutrientes y la fertilidad de los suelos en conjunto, así como para aprovechar los recursos naturales disponibles de manera eficiente (Funes-Monzote y Monzote, 2001; Funes-Monzote y del Río, 2002).

Algunos autores señalan que los sistemas agroecológicos, con una alta agrobiodiversidad e integración, permiten un uso adecuado del suelo, optimizan los flujos de nutrientes y energía, y cumplen funciones múltiples que comprenden objetivos ecológicos, económicos y sociales (Altieri, 2002; Funes-Monzote *et al.*, 2008). Sin embargo, aún es necesario continuar documentando este tipo de interacciones, pues garantizan la sostenibilidad a nivel de sistema.

Es de vital importancia considerar que la introducción de los árboles es una alternativa favorable en la restauración, el mantenimiento y la sostenibilidad de los recursos naturales en las áreas ganaderas de América Latina (Murgueitio, 2003). Estos ofrecen beneficios socioeconómicos

increase biodiversity in the pasturelands, extract nutrients and water from the deepest soil layers, produce biomass in different strata, propitiate a favorable environment for the development of associated pastures and livestock, create a microclimate for the edaphic fauna activity and achieve litter productions that participate in the biogeochemical cycle of nutrients in the soil (Lok *et al.*, 2006; Wencomo, 2006; Sánchez *et al.*, 2008).

Until now, in most cases the measures that help to protect the soil and maintain its fertility have been described. Nevertheless, many authors coincide in stating that no adequate and ecological soil management will be achieved by using only one or two of these technologies, but an integral system should be arrived at employing a combination of several of these measures according to the site conditions (Altieri, 2002; Brechelt, 2004; Leyva *et al.*, 2010).

Conclusions

In Cuba, due to the degradation of soils, an integrated management is required to enhance their productive capacity to benefit man, and achieve sustainable development and the necessary food security. This situation demands that professionals, technicians and the persons responsible for livestock production increase their knowledge related to the management and conservation of this resource, so that with their work balance can be achieved in the soil-plant-animal system, allowing the improvement of the environment, the attainment of more ecological productions and higher economic and social benefits for the country.

--End of the English version--

y ecológicos, evidenciados por diversos estudios científicos y experiencias exitosas de productores ganaderos (Ibrahim y Mora, 2006). Por lo general, los árboles pueden ser el elemento de manejo eficaz para elevar la biodiversidad en los pastizales, extraer nutrientes y agua de las capas más profundas del suelo, producir biomasa en estratos distintos, propiciar un ambiente favo-

rable para el desarrollo de los pastos asociados y el ganado, crear un microclima para la actividad de la fauna edáfica y lograr producciones de hojarasca que participen en el ciclo biogeoquímico de los nutrientes en el suelo (Lok *et al.*, 2006; Wencomo, 2006; Sánchez *et al.*, 2008).

Hasta el momento se han descrito, en la mayoría de los casos, las medidas que ayudan a proteger el suelo y a mantener su fertilidad. Sin embargo, son numerosos los autores que coinciden en afirmar que no se logrará un manejo adecuado y ecológico del suelo solamente con usar una o dos de estas tecnologías, sino hay que llegar a un sistema integral utilizando una combinación de varias de estas medidas según las condiciones del lugar (Altieri, 2002; Brechelt, 2004; Leyva, *et al.*, 2010).

Conclusiones

En Cuba, debido a la degradación que presentan los suelos, se requiere de un manejo integrado para potenciar su capacidad productiva en beneficio del hombre, y lograr el desarrollo sostenible y la seguridad alimentaria que se requiere. Esta situación demanda que los profesionales, técnicos y responsables de la producción agropecuaria amplíen sus conocimientos relacionados con el manejo y la conservación de este recurso, de modo que con su trabajo se pueda lograr un equilibrio en el sistema suelo-planta-animal, que posibilite mejorar el medio ambiente, lograr producciones más ecológicas y obtener mayores beneficios económicos y sociales para el país.

Referencias bibliográficas

- Alfonso, C.A. & Monedero, Milagros. 2004. Uso, manejo y conservación de los suelos. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana, Cuba. 68 p.
- Altieri, M.A. 2002. Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 93:1
- Álvarez. M.M. *et al.* 1995. Los abonos verdes, una alternativa natural y económica para la agricultura. *Cultivos Tropicales*. 16 (3):9
- APROLAB. 2007. Manual para la producción de compost con microorganismos eficaces. Material elaborado por el programa de apoyo a la formación profesional para la inserción laboral en el Perú - Capacitate Perú. Instructivo No. 001. República del Perú. 22 p.
- Baños, R. *et al.* 2008. Efecto del uso del humus de lombriz y los hongos micorrízicos arbusculares en rendimientos de gramíneas. *Ciencia y Tecnología Ganadera*. 2:87
- Brechelt, Andrea. 2004. Manejo ecológico del suelo. FAMA/RAPAL, Santiago de Chile. 28 p.
- Bui Van Chinh, *et al.* 2002. Biogas technology transfer in small scale farms in Northern provinces of Vietnam. Proceedings International Workshop Research and development on use of biodigesters in SE Asia region. [Disponible en:] <http://www.mekarn.org/procbiod/chinh.htm>. [Consulta: julio del 2010]
- Calderón, M. & González, P.J. 2007. Respuesta del pasto guinea (*Panicum maximum* cv. Likoni) cultivado en suelo Ferralítico Rojo lixiviado a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. *Cultivos Tropicales*. 28 (3):33
- Chao, R. & Pérez, A. 2003. Utilización del biogás en un semi-internado de primaria. Impacto social. *Rev. ACPA*. 4:22
- Colectivo de autores. 2010. Curso "Uso sostenible de los suelos en Cuba". Suplemento especial. Universidad para todos. Parte 2. (Ed. Raquel Carreiro). Editorial Academia. La Habana, Cuba. 16 p.
- Corbera, J. 1998. Coinoculación *Bradyrhizobium japonicum*-micorriza vesículo arbuscular como fuente alternativa de fertilización para el cultivo de la soya. *Cultivos Tropicales*. 19:17
- Corbera, J. & Hernández, A. 1997. Evaluación de la asociación *Rhizobium*- MVA sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de la soya (*Glycine max* L. Merrill). *Cultivos Tropicales*. 18:10
- Corbera, J. & Nápoles, María C. 2010. Evaluación de la inoculación conjunta *Bradyrhizobium japonicum*-HMA y un bioestimulador del crecimiento vegetal en soya, cultivada en época de verano. Resúmenes. Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelo y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 40

- Corbera, J. & Núñez, M. 2004. Evaluación agronómica del análogo de brasinoesteroides BB-6 en soya, inoculada con *Bradyrhizobium japonicum* y HMA, cultivada en invierno sobre un suelo Ferralsol. *Cultivos Tropicales*. 25:9
- Correa, M. 2008. Microorganismos eficaces (EM). [Disponible en:] <http://www.autosuficiencia.com.ar/shop/detallenot.asp?notid=543>. [Consulta: 14 de abril, 2010].
- Crespo, G. *et al.* 2010. Utilización de residuales de las instalaciones pecuarias para la producción de pastos y forrajes tropicales. Resúmenes. Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelo y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 41
- Crespo, G. & Fraga, S. 2006. Avances en el conocimiento del reciclaje de los nutrientes en sistemas silvopastoriles. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 104
- Cun, R. *et al.* 2008. Producción orgánica de tomate mediante la aplicación de humus de lombriz y EcoMic® en condiciones de casa de cultivo. *Ciencias Técnicas Agropecuarias*. 17:22
- Daly, M.J. & Stewart, D.P.C. 1999. Influence of effective microorganisms (EM) on vegetable production and carbon mineralization- A preliminary investigation. *Journal of Sustainable Agriculture*. 14:15
- Dibut, B. 2009. Papel de la rizosfera en la efectividad de los biofertilizantes microbianos. Conferencia en la Maestría de Ciencias del Suelo, Mención Biología del Suelo. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 110 p.
- Echeverría, J.C. *et al.* 2009. Contribución al estudio del uso de los abonos orgánicos en la fertilización de cultivos forrajeros tropicales. *Ciencia y Tecnología Ganadera*. 3:133
- Funes-Monzote, F. & del Río, J. 2002. Experiencias agropecuarias sostenibles en una finca cubana. *LEISA*. 18 (1): 18
- Funes-Monzote, F. & Monzote, Marta. 2001. Unir en un todo coherente una opción sustentable y productiva. Experiencia cubana de integración ganadería-agricultura sobre bases agroecológicas. *Boletín de ILEIA*. 16 (4): 22
- Funes-Monzote, F. *et al.* 2008. Fertilidad del suelo a largo plazo en sistemas biointensivos. *LEISA*. 24 (2): 9
- García, Margarita. 1998. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. Tesis en opción al grado de Dr. Cs. Agrícolas. La Habana, Cuba. 200 p.
- García, Margarita *et al.* 2001. Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizados como abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales*. 22 (4):11
- García, Margarita & Treto, Eolia. 1997. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre suelos Ferralíticos Rojos en las condiciones de Cuba. Resúmenes I Taller Nacional de Producción Agroecológica de Cultivos Alimenticios en Condiciones Tropicales. IIIH "Liliana Dimitrova". La Habana, Cuba. p. 74
- González, P.J. *et al.* 2007a. Efectos del antecedente cultural en las micorrizas nativas y la productividad del pasto brachiaria (*Brachiaria decumbens* cv. Señal). *Pastos y Forrajes*. 30:143
- González, P.J. *et al.* 2007b. Respuesta de *Brachiaria* híbrido cv. Mulato (CIAT 36061) a la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares. *Pasturas Tropicales*. 29 (1):19
- González, P.J. *et al.* 2007c. Respuesta del pasto *Brachiaria decumbens* cv. Señal cultivado en suelo Cambisol Cálcico a la inoculación de hongos micorrizógenos arbusculares. *Agrotecnia de Cuba*. 31:1
- González, P.J. *et al.* 2008. Efectos de la inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en pastos del género *Brachiaria*, cultivados en suelo Pardo mullido. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 42 (1):101
- Hernández, A. 2008. La coinoculación *Glomus hoi* like-*Bradyrhizobium japonicum* en la producción de soya (*Glycine max*) variedad Verónica para semilla. *Cultivos Tropicales*. 29:41
- Hernández, A. & Hernández, A.N. 1996. Efecto de la interacción *Rhizobium* - MA en el cultivo de la soya (*Glycine max* (L) Merrill). *Cultivos Tropicales*. 17 (1):5
- Hernández, Marlen & Cuevas, F. 2003. The effect of inoculating with arbuscular mycorrhiza and

- Bradyrhizobium* strains on soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) crop development. *Cultivos Tropicales*. 24 (2):19
- Ibrahim, M. & Mora, J. 2006. Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios. En: Memorias de la conferencia electrónica "Potencialidades de los sistemas silvopastoriles para la generación de servicios ambientales". (Eds. M. Ibrahim, J. Mora y M. Rosales). CATIE. Turrialba, Costa Rica. p. 10
- Instituto de Suelos. 2006. La degradación de los suelos en Cuba. En: Resúmenes del Taller "La metodología LADA y la evaluación de las tierras de Cuba". La Habana, Cuba. p. 25
- Legall, J. & Zoyla, D. 2008. Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales. [Disponible en:] <http://abaco-sa.com.ar/mmorra1/Libro2.htm>. [Consulta: 12 de noviembre 2008].
- León, P. & Ravelo, R. 2005. Fitotecnia general aplicada a las condiciones tropicales. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana, Cuba. 310 p.
- Leyva, Laura *et al.* 2010. Participación campesina en el diagnóstico de la calidad de los suelos en fincas agropecuarias de la provincia de Las Tunas. Resúmenes Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelo y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 86
- Lok, S. *et al.* 2006. Estudio de indicadores de estabilidad del pasto y el suelo en un sistema silvopastoril en novillas lecheras. *Rev. cubana Cienc. agríc.* 40:229
- Martínez, F. & Arias, Edelmira. 2010. Avances en el Programa Nacional de Abonos Orgánicos en Cuba. Resúmenes. Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelo y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 98
- Martínez, F. *et al.* 2003. Lombricultura. Manual práctico. Instituto de Suelos. MINAG. La Habana. Cuba. 99 p.
- Mayea, S. 1994. Tecnología para la producción de compost (biotierra) a partir de la inoculación con microorganismos de diversos restos vegetales. CIDA. La Habana, Cuba. 22 p.
- Medina, N. 2009. Presente y futuro de los biofertilizantes en Iberoamérica. Memorias XXIV RELAR y I IBEMPA. En: Taller Biofertilizantes para la agricultura de Iberoamérica en el siglo XXI. Red CYTED: Biofertilizantes biológicos para la agricultura y el medio ambiente (BIOFAG). Universidad de La Habana, Cuba.
- Murgueitio, E. 2003. Investigación participativa en sistemas silvopastoriles integrados: La experiencia de CIPAV en Colombia. Taller Internacional Ganadería, Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. La Habana, Cuba. p. 207
- Noriega, G. *et al.* 2001. Producción de abonos orgánicos y lombricultura. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetan, Chiapas, México
- Paneque, V.M. & Calaña, J.M. 2004. Manual abonos orgánicos. Conceptos prácticos para su evaluación y aplicación. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana, Cuba. 37 p.
- Peña, Elizabeth. 2009. La lombricultura como alternativa de descontaminación ambiental y de nutrición. 1ra. ed. Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical "Alejandro de Humboldt". (Ed. E. Martínez y María Elena Herreía). La Habana, Cuba. 134 p.
- Rivera, R. *et al.* 2009. Avances en el manejo efectivo de la inoculación micorrízica en agroecosistemas tropicales. Memorias. XXIV Reunión Latinoamericana de Rhizobiología (XXIV RELAR) y I Conferencia Iberoamericana de interacciones beneficiosas microorganismo-planta-ambiente (IBEMPA). La Habana, Cuba
- Rivera R. *et al.* 2010. La efectividad del biofertilizante Ecomic® en el cultivo de la yuca. Resultados de las campañas de extensiones con productores. Resúmenes. Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelo y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Ciudad de La Habana, Cuba. p. 143
- Sánchez, Saray *et al.* 2008. Acumulación y descomposición de la hojarasca en un pastizal de *Panicum maximum* Jacq. y en un sistema silvopastoril asociado de *P. maximum* y *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. *Zootecnia Tropical*. 26 (3):269
- Suárez, J.J. *et al.* 2002. Fuentes. Producción orgánica en un sistema agroecológico. Cuatro años de trabajo. Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. Resúmenes XIII Congreso del INCA. La Habana, Cuba. p. 45
- Treto, Eolia *et al.* 2001. Avances en el manejo de los suelos y la nutrición orgánica. En: Transformando

- el campo cubano. Avances de la agricultura sostenible. (Eds. F. Funes *et al.*). Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. La Habana, Cuba. p. 167
- Uribe, J.F. *et al.* 2001. Evaluación de los microorganismos eficaces (E.M) en producción de abono orgánico a partir del estiércol de aves de jaula. *Rev. col. Cienc. pec.* 14:164
- Vega, E.A. *et al.* 2002. Abonos orgánicos procesados; alternativa para la producción de pepino en organopónico. Resúmenes XIII Congreso del INCA. La Habana, Cuba. p. 30
- Vilches, Eneida & Núñez, Eneida. 2000. Efectos de los residuos de leguminosas sobre estadios de una población de lombrices (*Eisenia fuetida*) y caracterización biológica del humus obtenido. *Cultivos Tropicales.* 21 (3):25
- Wencomo, Hilda B. 2006. Comportamiento de la comunidad vegetal con la inclusión de especies de *Leucaena*. IV Congreso Latinoamericano de Agroforestería para la producción pecuaria sostenible. III Simposio sobre sistemas silvopastoriles para la producción ganadera sostenible. EEPF "Indio Hatuey". Matanzas, Cuba. p. 21

Recibido el 7 de septiembre del 2010
Aceptado el 30 de noviembre del 2010