

Soils dedicated to cattle rearing in Cuba: characteristics, management, opportunities and challenges¹

Los suelos dedicados a la ganadería en Cuba: características, manejo, oportunidades y retos

Sandra Lok Mejías

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

Email: slok@ica.co.cu

This study reviews the state of soils dedicated to cattle rearing in Cuba, opportunities for a proper use and main challenges to guarantee their improvement and conservation. It is highlighted the progressive deterioration and the factor or factors that limit in 90.6 % the usable agricultural area of the main cattle enterprises from the country. An amount of 45 % has low natural fertility and 30.3% have low effective depth. This study shows the advances of agro-ecological management of soils and its maintenance and improvement may be possible if cultural practices that benefit their processes and functions are implemented. In addition, it is reported the main studies conducted in this subject during the last years, and challenges for research are stated, as well as the development of knowledge on soil in cattle rearing areas.

Key words: *soils, cattle rearing, opportunities, challenges*

Introduction

Soil is the natural resource that, through history, has provided livelihood to human population. However, growing world population and their demand of food provoke, every day more, the increase of pressure on this means. In tropical areas, there are people searching for alternatives to preserve soils because it has been confirmed that it is not the warm weather which prevents a proper production of soil, but the inadequate management of them (Sánchez *et al.* 2011).

Soil deterioration is the threshold of desertification and constitutes a contemporary ecological problem of major importance in developing countries (Botero 2001). This process is defined as “the decrease or destruction of biological potential of this natural resource due to its bad use and management, and produces degenerative processes from the physical, economic and social environment in their surroundings” (The International Bank for Reconstruction and Development and The World Bank 2007). Their main processes are degradation of plant cover, water and air erosion, salinization, acidification, and physical, chemical and biological deterioration (García *et al.* 2012). All of them, likewise, have an inevitable contribution to the loss of their fertility and, therefore, their agricultural productivity.

Latin American soils have 45 % of losses

Se reseña el estado de los suelos dedicados a la ganadería en Cuba, las oportunidades para su uso adecuado y los principales retos para garantizar su mejora y conservación. Se destaca el deterioro progresivo y el factor o los factores que limitan en 90.6 % el área agrícola utilizable de las principales empresas ganaderas del país, 45 % poseen baja fertilidad natural y 30.3% son de poca profundidad efectiva. Se muestra que existen avances en el manejo agroecológico de los suelos, y que su mantenimiento y mejora puede ser posible si se emplean prácticas culturales que beneficien sus procesos y funciones. Se informa además, de los principales estudios realizados en la temática en los últimos años y se plantean los desafíos para la investigación y el desarrollo del conocimiento del suelo en las áreas ganaderas.

Palabras clave: *suelos, ganadería, oportunidades, retos*

Introducción

El suelo es el 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 medio. 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 la producción adecuada de la tierra, sino el manejo inadecuado de estos (Sánchez *et al.* 2011).

El deterioro del suelo es el preámbulo de la desertificación y constituye el problema ecológico contemporáneo de mayor importancia en los países en desarrollo (Botero 2001). Este proceso se define como “la disminución o destrucción del potencial biológico de este recurso natural por su mal uso y manejo, y produce procesos degenerativos del medio físico, económico y social asociados en su entorno” (The International Bank for Reconstruction and Development y The World Bank 2007). Sus principales procesos son la degradación de la cobertura vegetal, la erosión hídrica y eólica, la salinización, la acidificación, el deterioro físico, químico y biológico (García *et al.* 2012). Todos, a su vez, contribuyen inevitablemente a la pérdida de su fertilidad y por tanto, de su productividad agrícola.

Los suelos de Latinoamérica poseen 45 % de pérdida de su fertilidad natural, mientras que en Cuba 43 % está afectado por la erosión y 70 % presenta bajo contenido de MO, entre otros factores que denotan su pérdida de

¹Paper presented at V Congreso de Producción Animal Tropical, 2015, La Habana, Cuba

of their natural fertility, while in Cuba, 43 % is affected by erosion and 70 % shows low content of OM, among other factors that confirm the loss of fertility and the need of management for allowing recovery, improvement and preservation. Cattle rearing is characterized by using those soils of less productive value and, therefore, the previously cited characteristics increase in them.

The objective of this study is to review the state of soils dedicated to cattle rearing in Cuba, opportunities for a proper use and main challenges to guarantee their improvement and conservation.

General characteristics of soils dedicated to cattle rearing in Cuba.

Soil sciences in Cuba started with studies of Hugh H. Bennett and Robert Allison, who researched on soils related to sugar cane. These authors introduced the classification of soils based on the America System of Series and Families. Later, the first scientific publications related to this subject were written: The Soils of Cuba (Bennett and Allison 1962) and Some New Cuban Soils (Bennet 1932).

Specific studies in areas dedicated to cattle rearing started after the revolutionary triumph, with the development of institutions devoted to achieve a development in agriculture and animal husbandry.

According to the second genetic classification of soils from Cuba, they are divided into ten groups. Out of them, these occupy the largest area:

- Brown (sialitic brown), representing 27.3 % of the area with 2.4 MM ha
- Ferrallitic, with 23.6 % and 2.0 MM ha
- Vertisol, representing 12 % of the area, with 1.0 MM ha

Agro-productive categories of soils are classified into: I) soils that allow crops to show their 70 % of their potential, II) soils that favor between 51 and 70 %, III) those that admit between 30 and 50 % and IV) those that only achieve 30 % of their potential.

Results of studies on crops with national economic importance show that 23.2 % of the studied area is classified from productive to very productive (category I and II), which indicates that yields superior to 50 % of the potential may be obtained in a wide range of crops. However, 76.8 % of the national agricultural area have soils classified from low to very low productivity (category III and IV), affected by edaphic factors that prevent them to reach potential yields. Therefore, it is necessary to widen the measures for their conditioning and improvement, so their productivity increases. Areas dedicated to cattle rearing are precisely located in soils with these characteristics.

The Instituto de Suelos, during the year, conducted agrochemical studies in the main cattle enterprises

fertilidad y la necesidad de manejos que permitan su recuperación, mejora y conservación. La ganadería se caracteriza por utilizar aquellos suelos de menor valor productivo y por tanto, en ellos las características citadas se incrementan.

El objetivo de este trabajo es reseñar el estado de los suelos dedicados a la ganadería en Cuba, las oportunidades para su uso adecuado y la proyección de los principales retos para garantizar su mejora y conservación.

Características generales de los suelos dedicados a la ganadería en Cuba.

La ciencia de los suelos en Cuba se inició con los trabajos de Hugh H. Bennett y Robert Allison, que estudiaban los suelos relacionados con la caña de azúcar. Estos autores introdujeron la clasificación de suelos sobre la base del Sistema Norteamericano de Series y Familias. Posteriormente, escribieron las primeras obras científicas relacionadas con el tema: The Soils of Cuba (Bennett y Allison 1962) y Some New Cuban Soils (Bennet 1932).

Los estudios específicos en áreas dedicadas a la ganadería tuvieron sus comienzos después del triunfo revolucionario con el desarrollo de instituciones dedicadas a lograr el desarrollo pecuario.

Según la segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba, estos se ubican en diez grupos, de ellos ocupan mayor área:

- Pardos (pardo síalítico), que representan 27.3 % del área con 2.4 MM ha
- Ferralíticos, con 23.6 % y 2.0 MM ha
- Vertisol, que representan 12 % del área, con 1.0 MM ha

Las categorías agroproductivas de los suelos se clasifican en categorías: I) los suelos que permiten a los cultivos expresar más de 70 % de su potencial; II) los que posibilitan entre 51 y 70 %; III) los que admiten entre 30 y 50 % y IV) los que solo logran hasta 30 % de su potencial.

Los resultados de los estudios realizados a los cultivos de importancia económica en el ámbito nacional muestran que 23.2 % del área estudiada se clasifica de productiva a muy productiva (categoría I y II), lo que indica que se pueden obtener rendimientos superiores a 50 % del potencial en una amplia gama de cultivos. Sin embargo, 76.8 % del área agrícola nacional posee suelos de poca a muy poca productividad (categoría III y IV), afectados por factores edáficos que les impiden alcanzar rendimientos potenciales. Por ello, es necesario ampliar las medidas para su acondicionamiento y mejora, de modo que aumente su productividad. Las áreas dedicadas a la ganadería, precisamente están ubicadas en suelos con estas características.

El Instituto de Suelos realizó en el año estudios agroquímicos en las principales empresas ganaderas de Cuba (tabla 1). Estas entidades tienen en conjunto 310 269 ha como área agrícola total, que equivalen a 12 % del área dedicada a la ganadería. De ellas, se muestrearon

in Cuba (table 1). These enterprises have 310,269 ha as total agricultural area, which are equivalent to 12 % of the area dedicated to animal husbandry. Out of them, 77,562 ha (25 % of the area under evaluation) were sampled. The highest production of milk and meat belongs to these enterprises, which also have the highest concentration of cattle (Instituto de Suelos 2015b).

The analysis indicated that 90.6 % of the agricultural usable areas of the evaluated cattle enterprises in all the country was affected by one or more limiting factors: 45 % with low natural fertility, which is the most frequent characteristic of cattle rearing soil; 30.3 % with low effective depth, which reduces the volume of water and nutrients, available for radicular system; 20.5 % with low capacity of humidity retention, which is mainly present in sandy soils; 22 % shows an irregular topography, which derives into low effective depth, erosion and fast losses of humidity; 7.4 % contains salinity, which is associated to toxicity, increase of osmotic pressure and unfavorable physical conditions; 29.7 % have bad drainage, which affects the balance of water and air in the soil and favor compaction; 26 % shows acidity, which affects the availability of some essential nutrients or the increase of toxic elements like aluminum; 11.8 % are rocky soils, which decreases the volume of available soil to exploit due to the roots that provoke mechanical damages to plants and animals, take part of the decrease of water and nutrients storage and of the sowing labors of grasses and forages.

Table 2 shows a comparison among limiting characteristics of soils dedicated to animal husbandry, according to reports of Paretas (1990) and previously cited studies. It is evident the progressive deterioration,

77 562 ha (25 % del área en evaluación). La mayor producción de leche y carne del país corresponde a estas empresas, que poseen además la más alta concentración de masa vacuna (Instituto de Suelos 2015b).

El análisis indicó que 90.6 % del área agrícola utilizable de las empresas ganaderas evaluadas en todo el país estuvo afectada por uno o más factores limitantes: 45 % con baja fertilidad natural, que es la característica más frecuente en los suelos ganaderos; 30.3 % con poca profundidad efectiva, que reduce el volumen de agua y nutrientes disponible para el sistema radicular; 20.5 % con baja capacidad de retención de humedad, que se presenta principalmente en suelos arenosos; 22 % presenta una topografía irregular, que deriva poca profundidad efectiva, erosión y pérdidas rápidas de humedad; 7.4 % tiene salinidad, lo que se asocia a toxicidad, aumento de la presión osmótica y condiciones físicas desfavorables; 29.7 % posee mal drenaje, que afecta el equilibrio aire - agua en el suelo y favorece a la compactación; 26 % presenta acidez, que perjudica la disponibilidad de algunos nutrientes esenciales o el incremento de elementos tóxicos como el aluminio; 11.8 % es pedregoso, lo que disminuye el volumen de suelo disponible para explorar, debido a las raíces que ocasionan daños mecánicos a las plantas y animales, intervienen en la disminución del almacenaje de agua y nutrientes e interfieren en las labores culturales de los pastos y forrajes.

La tabla 2 presenta la comparación entre las características limitantes de los suelos dedicados a la ganadería, según lo informado por Paretas (1990) y los estudios ante citados. Se evidencia el deterioro progresivo, fundamentalmente, en el incremento de la erosión de 32.5 a 43 %. El porcentaje de suelos con baja fertilidad natural se movió de 27.75 a 45 % y la acidez, de 7 a 26 %.

Este comportamiento es el resultado del manejo

Table 1. Agrochemical evaluation of soil in the main cattle rearing enterprises

Province	Enterprises	Agricultural area, ha
Pinar del Río	Genética Camilo Cienfuegos	19 390
Artemisa	Genética los Naranjos	20 398
Mayabeque	Valle del Perú	12 977
	Genética del este	11 138
Matanzas	Genética Matanzas	28 037
Villa Clara	La Vitrina	33 388
Cienfuegos	El Tablón	8 803
Sancti Spiritus	Managuaco	9 716
Ciego de Ávila	Ruta Invasora	9 863
Camagüey	Rescate de Sanguilí	10 888
Las Tunas	Cuenca Lechera	44 098
Holguín	Calixto García	18 224
Granma	Genética Manuel Fajardo	17 907
Stgo. de Cuba	Caney	36 542
Guantánamo	Iván Rodríguez	28 900
Total		310 269

Table 2. Percentage of limiting factors of soils in each region (Paretas 1990)

Limiting factors	Occident	Center	Oriental center	Orient	National	2015
Depth	34	22	33	26	28.75	30.3%
Erosion	44	23	24	39	32.50	43%
Topography	26	10	6	33	18.75	22%
Low natural fertility	43	30	23	15	27.75	45%
Acidity	19	5	2	2	7.00	26%
Without limiting factors	22	14	7	5	12.00	9.4 %

mainly in the increase of erosion, from 32.5 to 43 %. Percentage of soils with low natural fertility moved from 27.75 to 45 %, and acidity ranged from 7 to 26 %.

This performance is a product of inadequate management through the use of agricultural practices and the application of technologies that were not in accordance with properties and edaphic potentialities. In addition, it is a consequence of overexploitation of agro-ecosystems, of the excessive use of fertilizers or the lack of its application. Other problems are the systematic occurrence of extreme climatic phenomena, lack of efficient monitoring mechanisms and control of soil fertility, and inefficient management policies insufficient efforts for improving training of producers.

Hernández *et al.* (2005) stated that one of the most difficult and complex problems to solve is the rational and optimal use of soils in humid tropical areas, without reaching, up to now, defining or conclusive results that allow to diagnose the most proper use and management according to the bio-physical environments that characterize each ecosystem.

Productive diversification and efficient use of available resources should be essential for guaranteeing soil life and improving life quality of the population (Vargas 2015). In this sense, competitiveness of agroecological strategies to manage soil will be determinant.

Agroecological management of soils in cattle rearing.

Grassland ecosystems show open vegetation dominated by herbaceous species, which primary production is directly used by herbivorous (Miller 1990). They may be also formed by the harmonic union of herbaceous, shrub, tree and other species that originate the silvopastoral systems. They are usually located in areas with soils of relatively low productivity, inadequate for intensive agricultural uses (Kaine and Tozer 2005). In them, grazing is an efficient procedure to collect and transform their primary production in products for human consumption and use. In addition, their dung and urine may contribute to nutrient recycling.

Composition and productivity of grasses is regulated by the activity of herbivorous and the fact that its

inadecuado mediante prácticas agrícolas y de la aplicación de tecnologías no acordes con las propiedades y potencialidades edáficas. También es consecuencia de la sobreexplotación de los agroecosistemas, del uso indiscriminado de fertilizantes o del defecto en su aplicación. A ello se adiciona la ocurrencia sistemática de eventos climáticos extremos, la falta de mecanismos eficientes de monitoreo y control de la fertilidad del suelo y las ineficientes políticas de gestión y esfuerzos no suficientes para mejorar la capacitación y formación de los productores.

Hernández *et al.* (2005) plantearon que uno de los problemas más complejos y difíciles para solucionar en la actualidad es el uso racional y óptimo de los suelos en los trópicos húmedos, sin que se hayan alcanzado hasta el presente resultados definitivos o concluyentes, que permitan diagnosticar el uso y manejo más ajustado de acuerdo con los ambientes biofísicos que caracterizan cada ecosistema.

La diversificación productiva y el aprovechamiento eficiente de los recursos disponibles deben ser la clave para garantizar la vida del suelo y mejorar la calidad de vida de la población (Vargas 2015). En ese sentido, serán determinantes la competitividad de las estrategias agroecológicas para manejar el suelo.

Manejo agroecológico de suelos en la ganadería.

Los ecosistemas de pastizales se caracterizan por presentar la vegetación abierta dominada por especies herbáceas, cuya producción primaria la aprovechan directamente los herbívoros (Miller 1990). También pueden estar formados por la unión armónica de especies herbáceas, arbustivas, arbóreas y otras, que originan los denominados sistemas silvopastoriles. Suelen estar situados en zonas con suelos de productividad relativamente baja, no adecuadas para usos agrícolas intensivos (Kaine y Tozer 2005). En ellas, el pastoreo es un procedimiento eficaz para recolectar y transformar su producción primaria en productos para uso y consumo humano. Además, sus bostas y orina pueden contribuir al reciclaje de los nutrientes.

La composición y productividad de los pastos está regulada por la actividad de los herbívoros, y el hecho de que su manejo requiera contar con otro nivel trófico supone un grado añadido de complejidad para la ecología aplicada al manejo de los recursos naturales (Quero *et al.* 2007).

management requires to count with other trophic level implies an added degree of complexity to the ecology applied to management of natural resources (Quero *et al.* 2007).

Huss *et al.* (1996) and Yado (1996) define "grassland" as any area that produces pasture for cattle intake. According to these authors, there are two main types of grasslands: natural and artificial. The main difference among them lies on management intensity and cultural treatments they receive. Natural grasslands are those lands seating native grass for animal intake. Artificial grasslands are grassing lands with intensive management, which usually have introduced forage species and receive cultural practices.

According to Sánchez *et al.* (2005), grasslands, regardless of type, are composed of biotic and abiotic elements that complete an indissoluble unity, and the proper functioning of the ecosystem depend on their dynamics and harmony. The abiotic components include inorganic substances involved in material cycles, climate regime, soil, topography and altitude. Biotic elements include autotrophic organisms or plants, organic matter consumers and disintegrators, like bacteria, fungi, nematodes and others. All components have specific functions and interact with each other, so that productive stability of grasslands and their persistence in time depend on the dynamic equilibrium between the parts of the system.

Economic, social and cultural factors also act on grassland ecosystems and are an inseparable part of them. Their influence is reflected directly on the management they receive. These components are interdependent and interactive, and function as a whole, in which any change of one of them is reflected on the other and, therefore, on the harmonic functioning of the ecosystem.

Soil is a key component of these agro-ecosystems. According to Milera (2013), it is the base of the pyramid to achieve their appropriate ecological management. Soil conservation contributes to maintain their health and quality. Reaching its proper functioning, which is manifested through the state of their physical, chemical and biological properties, allows to obtain a sustainable agricultural productivity with positive environmental impact.

Likewise, edaphic conservation is related to soil resilience, which is its ability to recover its functional integrity after a disturbance, maintaining dynamic balance in their processes and functions (Obando *et al.* 2011). When the soil is continually disturbed, its ability to restore the dynamic balance of its functions decreases and requires the application of good management practices in order to recover. When disturbances are repeated, the soil may lose its ability to recover. At the same time, the factors affecting soil resilience are primarily climate and management (burning, changes in

Huss *et al.* (1996) y Yado (1996) definen como "pastizal" cualquier área que produce pastos para el consumo del ganado. Según estos autores, se reconocen dos clases fundamentales de pastizales: los naturales y los artificiales. La diferencia principal entre unos y otros reside en la intensidad de manejo y los tratamientos culturales a que son sometidos. Los pastizales naturales son aquellas tierras que asientan pasto nativo o autóctono para el consumo animal. Los artificiales son tierras de pastoreo con manejo intenso, que tienen usualmente especies forrajeras introducidas y reciben prácticas culturales.

Según Sánchez *et al.* (2005), los pastizales, independientemente del tipo, están constituidos por elementos bióticos y abióticos que conforman una unidad indisoluble, de cuya dinámica y armonía depende el adecuado funcionamiento del ecosistema. Entre los componentes abióticos se encuentran las sustancias inorgánicas que intervienen en los ciclos materiales, el régimen climático, el suelo, la topografía y la altitud. Entre los bióticos se ubican las plantas u organismos autótrofos, los consumidores de materia orgánica y los desintegradores, entre los que se hallan las bacterias, hongos, nemátodos y otros. Todos los componentes poseen funciones específicas e interactúan entre sí, por lo que la estabilidad productiva del pastizal y su persistencia en el tiempo dependen del equilibrio dinámico entre las partes del sistema.

Los factores económicos, sociales y culturales actúan también en los ecosistemas de pastizales y son parte indisoluble de ellos. Su influencia se refleja directamente en el manejo a que son sometidos. Estos componentes son interdependientes e interactivos y funcionan como un todo único, en el que la alteración de alguno se refleja en los otros y por tanto, en el funcionamiento armónico del ecosistema.

El suelo es un componente fundamental de estos agroecosistemas. Según Milera (2013), es la base de la pirámide para lograr su adecuado manejo ecológico. La conservación del suelo contribuye al mantenimiento de su salud y calidad. Lograr que funcione adecuadamente, lo que se manifiesta mediante el estado de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, permite obtener una productividad agrícola sostenible con impacto ambiental positivo.

Asimismo, la conservación edáfica está relacionada con la resiliencia del suelo, que no es más que su capacidad para recuperar su integridad funcional después de un disturbio, con el mantenimiento del equilibrio dinámico en sus procesos y funciones (Obando *et al.* 2011). Cuando el suelo es continuamente disturbado, su capacidad para restablecer el equilibrio dinámico de sus funciones decrece y requiere para recuperarse de la aplicación de buenas prácticas de manejo. Cuando los disturbios se reiteran, el suelo puede perder su capacidad de recuperación. A su vez, los factores que afectan la resiliencia del suelo son fundamentalmente el clima y el manejo (quema, cambios en la composición florística,

plant composition, animal management, cultural labors and others).

Soil conservation is determined from its specific properties (organic matter content) and observation of its status (fertility). Processes related to compaction and loss of soil structures and organic matter, salinization and acidification are indicators of degradation (Kumar and Kafle 2009).

According to Amézquita *et al.* (2004), a good quality soil for the development of agriculture must have adequate water conductivity, so that it allows water to enter it and be easily redistributed in the volume of soil occupied by the roots. In addition, resistance to penetration should allow that pressure from the roots during their growth process be able to deform it so they can penetrate it, with a porosity of at least 50% with good distribution of macropores (18%), mesopores (25%) and micropores (12%) to ensure that water entrance, storage and residual humidity are good. It should also have adequate contents of all nutritional elements, with availability and good recycling. Among these features, organic matter content (4-5%) has great importance for its effect to balance physical, chemical and biological conditions.

A basic degraded soil loses nutrients for crop development and soil micro-fauna. In addition, one of the manifestations of its deterioration may be the decrease of its coverage. According to Quiros (2002), the loss of this indicator may cause output of about 124 kg N ha⁻¹, 1.03 kg P ha⁻¹, 23.91 kg K ha⁻¹, 31.94 kg Ca ha⁻¹ and 7.04 kg Mg ha⁻¹. While, with 90% coverage, the decrease of nutrients due to runoff is considerably less: 14.5 kg/ha of N; 0.12 kg/ha of P; 1.72 kg/ha of K; 2.56 kg/ha of Ca and 0.65 kg/ha of Mg.

Soil conservation in areas dedicated to cattle rearing has the objective of performing management practices that allow to stop degradation of this resource or recover its characteristics in a range that do not affect production and quality of grasses and forages. It should be based on the knowledge of the state of its properties, type of soil, pendant, grass, goal of its exploitation and cattle characteristics.

The basic principles that allow soil conservation in areas dedicated to cattle rearing include soil utilization, according to agricultural aptitude, regionalization of grasses, use of technologies that are suitable for the edaphoclimatic potentialities of each system, use of legumes, silvopastoral systems, strategic fertilization, use of organic fertilizers, minimal labors for sowing and adequate animal management. It is also important to plant according to the level curves, maintain a high cover of the soil, use green manures, apply bio-fertilizers and bio-stimulants, and take into consideration those beneficial or effective microorganisms, among other elements that, integrating and combining them properly, favor the integrated management for soil conservation.

manejo animal, labores culturales y otras).

La conservación del suelo se determina a partir de las propiedades específicas del mismo (el contenido en materia orgánica) y por la observación de su estado (la fertilidad). Los procesos relacionados con la compactación y la pérdida de las estructuras del suelo y de su materia orgánica, la salinización y la acidificación constituyen indicadores de su degradación (Kumar y Kafle 2009).

Según Amézquita *et al.* (2004), un suelo de buena calidad para el desarrollo de la agricultura debe tener adecuada conductividad hidráulica, de modo que permita que el agua entre en él y se redistribuya fácilmente en el volumen del suelo ocupado por las raíces. Además, la resistencia a la penetración debe posibilitar que la presión ejercida por las raíces en su proceso de crecimiento, sea capaz de deformarlo para que ellas puedan penetrarlo, con porosidad de por lo menos 50 %, con buena distribución de macroporos (18%), mesoporos (25%) y microporos (12%) que garanticen que el ingreso de agua, su almacenamiento y la humedad residual sean buenos. Debe poseer también contenidos adecuados de todos los elementos nutritivos en forma disponible y buen reciclado. Entre estas características, el contenido de materia orgánica (4 – 5 %) es de gran importancia por su efecto para equilibrar las condiciones físicas, químicas y biológicas.

Un suelo degradado pierde nutrientes básicos para el desarrollo de los cultivos y de la microfauna edáfica. Además, una de las manifestaciones de su deterioro puede ser la disminución de su cobertura. Según Quiros (2002), la pérdida de este indicador puede ocasionar salida de aproximadamente 124 kg N ha⁻¹, 1.03 kg P ha⁻¹, 23.91 kg K ha⁻¹, 31.94 kg Ca ha⁻¹ y 7.04 kg Mg ha⁻¹. Mientras que, con cobertura de 90 %, la disminución de nutrientes por escorrentía es considerablemente menor: 14.5 kg/ha de N; 0.12 kg/ha de P; 1.72 kg/ha de K; 2.56 kg/ha de Ca y 0.65 kg/ha de Mg.

La conservación del suelo en áreas dedicadas a la ganadería tiene como objetivo realizar prácticas de manejo que permitan detener la degradación de este recurso o recuperar sus características en un rango que no afecte la producción y la calidad de los pastos y forrajes. Se debe basar en el conocimiento del estado de sus propiedades, el tipo de suelo, la pendiente, el pasto, la finalidad de su explotación y las características del ganado.

Entre los principios básicos que permiten la conservación del suelo en áreas dedicadas a la ganadería se encuentra la utilización del suelo, según su aptitud agrícola, la regionalización de los pastos, el uso de tecnologías que se adecuen a las potencialidades edafoclimáticas de cada sistema, el empleo de leguminosas, los sistemas silvopastoriles, la fertilización estratégica, el uso de abonos orgánicos, el laboreo mínimo para la siembra y el adecuado manejo animal. Es importante además, plantar según las curvas de nivel, mantener alta cobertura del suelo, usar abonos verdes, aplicar biofertilizantes y

An appropriate management of situations associated to soil degradation should be supported by a sequential process of analysis of the problem (Lascano 2004, Lok *et al.* (2015):

1. Problem diagnosis (identification of the type of degradation, effects of degradation and evaluation of ecological, social and economic impact of degradation)

2. Application of technological alternatives that allow prevention, reduction and rehabilitation

3. Systematic follow up and control of the effect of technological responses applied through sustainability indicators

This analysis is particular for each agro-ecosystem. The efficiency of the process of soil improvement and conservation depends on the performance of this analysis.

In grasslands, integral evaluation of system functioning have to be conducted with the group of indicators from soil-plant-animal complex, which should be able of monitoring this functioning, and alert in time and indicate the best actions for a proper management.

It is foreseen the intensification of production due to the growing needs of world population, and as a response to climate change in agro-ecosystems where soil, as a biological base, should maintain its functioning in the new conditions and guarantee the required production.

Cattle activity is one of the major greenhouse effect gas releaser at a global level because it is the main source of CH₄ production (23 times better than CO₂, and doubled its atmospheric concentrations in the last years). Around 85 % of this methane is produced during the digestion process of productive animals. Additional 15 % of methane emissions from animal agriculture are produced by areas of untreated wastes, from animals in production. These areas are a source of water contamination. It is also important to consider that, in the terrestrial cycle of carbon, organic carbon of soil represents the best reserve in interaction with the atmosphere. Without any doubt, it is important the knowledge of processes and functions of soil that guarantee stability of carbon in the soil.

In front of these issues, livestock technologies are applied and monitored, which have demonstrated their efficiency for improving and preserving soil. These technologies allow to storage carbon in soil, being properly managed. Efficiency of some of them has been demonstrated:

- Silvopastoral based on *Leucaena leucocephala* in association with grasses for milk and meat production

- Association of grasses and mixture of creeping legumes for meat production

- Biomass banks with *Pennisetum purpureum* cv. Cuba CT-115

- Single crops of grasses

The evaluation of these technologies by Lok *et al.* (2015) to determine stored carbon, demonstrated

bioestimulantes y tener en cuenta los microorganismos benéficos o efectivos, entre otros elementos que, si se integran y combinan acertadamente, posibilitan el manejo integrado de la conservación del suelo.

El manejo acertado de situaciones asociadas a la degradación del suelo se debe sustentar por un proceso secuencial de análisis del problema (Lascano 2004, Lok *et al.* (2015):

1. Diagnóstico del problema (identificación del tipo de degradación, efectos de la degradación y evaluación del impacto ecológico, social y económico de la degradación)

2. Aplicación de alternativas tecnológicas que permitan la prevención, reducción y rehabilitación

3. Seguimiento y control sistemático del efecto de las respuestas tecnológicas aplicadas mediante indicadores de sostenibilidad

Este análisis es individual para cada agroecosistema. De su realización depende la eficiencia del proceso de mejora y conservación del suelo.

En los pastizales, la evaluación integral del funcionamiento del sistema se debe realizar con el grupo de indicadores del complejo suelo-planta-animal que sean capaces de monitorear dicho funcionamiento, y que oportunamente alerten e indiquen la mejor conducta a seguir para su manejo.

Se prevé la intensificación de la producción, debido a las necesidades crecientes de la población mundial y como respuesta al cambio climático en los agroecosistemas donde el suelo, como base ecológica, deberá no solo mantener su funcionamiento en las nuevas condiciones, sino que tendrá que garantizar las producciones requeridas.

La actividad ganadera es de las mayores emisoras de gases de efecto invernadero a nivel global, debido a que es la fuente de producción principal de CH₄ (23 veces más poderoso que el CO₂, duplicó sus concentraciones atmosféricas en los últimos años). Aproximadamente 85 % de este metano se produce en el proceso digestivo de los animales de producción. El 15 % adicional de las emisiones de metano de la agricultura animal se produce por las áreas de desechos sin tratar, provenientes de animales en producción. Estas áreas son fuente de contaminación del agua. Es importante considerar además, que en el ciclo terrestre del Carbono, el carbono orgánico del suelo representa la mayor reserva en interacción con la atmósfera. Indudablemente, es de gran valor el conocimiento de los procesos y funciones del suelo que garantizan la estabilidad del carbono en el suelo.

Ante estas disyuntivas, se aplican y monitorean tecnologías ganaderas que han demostrado su eficiencia para la mejora y conservación del suelo. Estas tecnologías permiten almacenar el carbono en el suelo, siempre que sean adecuadamente manejadas. La eficiencia de algunas de ellas ha sido comprobada:

- Silvopastoril basada en *Leucaena leucocephala* en asociación con gramíneas para la producción de leche

that silvopastoral systems, mixture of legumes and biomass bank increased the carbon stored in the soil (CSS) with exploitation time. Single cropping decreased CSS and reached the lowest values among the evaluated technologies, which were between 60.4 and 43.7 t ha⁻¹.

The CSS, during the three years of evaluation and apart from technology, was between 43 and 65 t C ha⁻¹ and superior to reported facts (The International Bank for Reconstruction and Development and The World Bank 2007) as average for tropical regions. This source indicated that, generally, range between 35 and 40 t C ha⁻¹ from 0 to 30 cm of depth. The performance found should have been related to the characteristics of technologies because carbon from soil is stored as part of the organic matter (Henderson *et al.* 2015), and the contents of organic matter and their dynamics depend, among other factors, on vegetation, its characteristics and management (Pellegrini *et al.* 2015).

Developments in studies related to soil fertility show that there are opportunities of efficient management of this natural resource, and, besides the use livestock technologies, there are more cultural practices to improve its cover, biodiversity, resilience and fertility.

Challenges of soil science in areas dedicated to cattle rearing

Currently, there are many challenges in places where climate changes are predominant and have direct implications on soil performance.

Soil studies have been characterized by the description of its state and consequent application of amendments that allow recovery of its productive potential. It was applied to correct the effects of fertility loss and not directly on causes, which are related to the decrease of dynamic balance needed by the soil to maintain its processes and functions.

For many years, agrochemical analyses were important for soil management. During the last decade, researches revealed that physical and biological indicators are essential in variability of cattle rearing systems mainly due to the effect of the animal component on the system and the role of edaphic biota on formation and structure of soil aggregates, nutrient availability, porous spaces, effective depth, apparent density, underground phytomass, carbon cycle and its storage in soil, among other factors.

During the last ten years, soil science related to the use of this resource in areas dedicated to cattle rearing, according to studies presented in international meetings and congresses, mainly worked on:

- Use of simulation models for preventing soil conditions in different systems, according to its management and climate characteristics
- Application of new sampling methods and analytic

y carne

- Asociación de gramíneas y mezcla de leguminosas rastreras para la producción de carne
- Bancos de biomasa con *Pennisetum purpureum* vc. Cuba CT-115
- Monocultivo de gramíneas

La evaluación de estas tecnologías por Lok *et al.* (2015) para determinar el carbono almacenado demostró que el silvopastoreo, la mezcla de leguminosas y el banco de biomasa incrementaron el carbono almacenado en el suelo (CAS) con el tiempo de explotación. El monocultivo disminuyó el CAS y alcanzó los menores valores entre las tecnologías evaluadas, los que estuvieron entre 60.4 y 43.7 t ha⁻¹.

El CAS en los tres años de evaluación, independientemente de la tecnología, estuvo entre 43 y 65 t C ha⁻¹ y fue superior a lo informado (The International Bank for Reconstruction and Development y The World Bank 2007) como promedio, para la región tropical. Esta fuente indicó que, generalmente, fluctúan entre 35 y 40 t C ha⁻¹ de 0 a 30 cm de profundidad. El comportamiento encontrado debe estar relacionado con las características de las tecnologías, ya que el carbono en el suelo está almacenado como parte de la materia orgánica (Henderson *et al.* 2015) y los contenidos de materia orgánica y su dinámica dependen entre otros factores de la vegetación, sus peculiaridades y manejo (Pellegrini *et al.* 2015).

Los avances en estudios relacionados con la fertilidad del suelo muestran que existen oportunidades de manejo eficiente de este recurso natural, y que además del uso de tecnologías ganaderas, cada vez se emplean más prácticas culturales que mejoran su cobertura, biodiversidad, resiliencia y fertilidad.

Retos de la ciencia del suelo en áreas dedicadas a la ganadería

En el contexto actual, donde priman los cambios climáticos que tienen implicaciones directas en el comportamiento del suelo, los retos son muchos.

El estudio del suelo se ha caracterizado por la descripción de su estado y la consecuente aplicación de enmiendas que permitieran la recuperación de su potencial productivo. Se accionó para corregir los efectos de la pérdida de fertilidad y no directamente sobre las causas, que están vinculadas al detrimento del equilibrio dinámico que necesita el suelo para poder mantener sus procesos y funciones.

Por años, los análisis agroquímicos primaron para el manejo del suelo. Durante la última década, las investigaciones revelaron que los indicadores físicos y biológicos poseen mayor peso en la variabilidad de los sistemas ganaderos, debido, fundamentalmente, al efecto que ejerce la acción del componente animal en el sistema y el papel de la biota edáfica en la formación y estructura de los agregados del suelo, la disponibilidad de nutrientes, los espacios porosos, la profundidad efectiva, la densidad aparente, la fitomasa subterránea, el ciclo del

techniques to evaluate fertility

- Improvement of the knowledge of recycling and nutrient mineralization processes, which determine the flow and storage of C, biogeochemical processes and mechanisms that guarantee sustainability of soil and water

- Integral management of fertilization through the application of organic and inorganic fertilizers, as well as bio-fertilizers

- Effect of different fertility management systems

- Sustainability indicators

- Biological fixation of N through the use of legumes in the systems

- Biodiversity studies, determination of edaphic biota associated to each system and its function in them

For example, in the 10th Congress of the Cuban Society of Soil Sciences (Instituto de Suelos 2015a), only 24.5 % of the presented papers belonged to cattle rearing results. Out of the discussed subject, there was a predominance of soil conservation and biology. This demonstrated that, currently, most of the studies are aimed to deepen on the knowledge of these subjects as an essential way of reaching sustainability and useful life of cattle rearing systems. There are still few efforts to dominate and know the soil in scientific researches, regarding the use of other agricultural systems, even though the total national agricultural area, the area dedicated to cattle rearing, has around 40%.

From the performed analysis and the current state of soil studies, knowing about its functioning and management actions to allow its restoration, together with the development of cattle rearing technologies with tested capacity for maintaining, recovering and preserving soil fertility and the implementation of new methods of strategic and integral fertilization, constitute important opportunities to reach an ecological management of soil and its recovery. To all these facts, it can be added the proper knowledge of forage and grass species with potential to adapt to different edaphoclimatic conditions, which allows the regionalization of grasses. The conscience-taking of decision-makers on the value of soil in cattle rearing systems and generation of systematic evaluation practice of its evolution should be taken into consideration.

In front of these conditions, challenges to guarantee a sustainable use of soil in cattle areas contain three main components:

a) Research and development should be focus on determining relationships among climatic and physical properties of soil and enzymatic activity of microorganisms (mineralization and C sequestration). In addition, the effect of good practices under different conditions, with the application of new technologies, should be analyzed. The effect of climate change on soil should be approached and work on achieving efficient methodologies that allow to evaluate its impact on soil. It is necessary to quantify and monitor the presence

carbono y su almacenamiento en el suelo, entre otros.

En los últimos diez años, la ciencia del suelo relacionada con el uso de este recurso en áreas dedicadas a la ganadería, según lo presentando en congresos y congresos internacionales, trabajó fundamentalmente en:

- Uso de modelos de simulación para la prevención de las condiciones del suelo en diversos sistemas, según manejo y características climáticas

- Aplicación de técnicas analíticas y métodos de muestreo novedosos para evaluación de la fertilidad

- Profundización en el conocimiento de los procesos de reciclaje y mineralización de nutrientes, relaciones que determinan el flujo y almacenaje de C, procesos biogeoquímicos y mecanismos que garantizan sostenibilidad del suelo y el agua

- Manejo integral de la fertilización mediante la aplicación de fertilizantes orgánicos, inorgánicos y biofertilizantes

- Efecto de diferentes sistemas de manejo de la fertilidad

- Indicadores de sostenibilidad

- Fijación biológica del N a través del uso de leguminosas en los sistemas

- Estudios de biodiversidad, determinación de la biota edáfica asociada a cada sistema y su función en ellos

Por ejemplo, en el X Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelos (Instituto de Suelos 2015a), solo 24.5 % de los trabajos presentados se correspondieron con resultados en la ganadería. De las temáticas discutidas, tuvieron predominio la conservación y la biología del suelo. Esto demostró que en la actualidad la mayor cantidad de estudios se encaminan a profundizar en el conocimiento de estos temas como vía fundamental para lograr la sostenibilidad y la vida útil de los sistemas ganaderos. Aún son pocos los esfuerzos que se hacen por dominar y conocer el suelo en las investigaciones científicas, en relación con el abordaje de otros sistemas agrícolas, aun cuando del total del área agrícola nacional, el área dedicada a la ganadería posee aproximadamente el 40 %.

A partir del análisis realizado y del estado actual de los estudios del suelo, conocer acerca de su funcionamiento y las acciones de manejo que permitan su restauración, unido al desarrollo de tecnologías ganaderas con probada capacidad para mantener, recuperar y conservar la fertilidad del suelo y la implementación de nuevos métodos de fertilización integral y estratégica constituyen grandes oportunidades para lograr un manejo ecológico del suelo y su recuperación. A ello habría que adicionar el conocimiento adecuado de especies de pastos y forrajes con potencialidades para adaptarse a diferentes condiciones edafoclimáticas, lo que permite la regionalización de los pastos. No se debe obviar la toma de conciencia de los decisores acerca del valor del suelo en los sistemas ganaderos y la generación de prácticas de evaluación sistemática de su evolución.

Ante estas condicionantes, los retos para garantizar el uso sostenible del suelo en áreas ganaderas se perfilan

or absence of heavy metals in livestock residuals and identify new efficient management methods. It is also necessary to update the sampling techniques and soil analysis.

b) Knowledge management and application of good soil management practices should be directed to generalization of knowledge in production areas, so an integrated management on agro-ecological basis could be achieved, which would encourage its resilience and guarantee sustainability. Training, support to producers and creation of reference scenarios are considered as essential. In addition, there must be an adequate flow of knowledge, which will generate, disseminate and share experiences of good research practices applicable to production. This process should ensure the involvement and problem awareness of decision-makers, which implies full social awareness and capacity building.

c) The policy and decision making should be directed to promote sustainable cattle rearing on the basis of improved production, environment conservation (soil) and cost reduction. All this will allow soil profitability and resilience. It is important to get a favorable environment by providing more support to small and medium producers, and implementing appropriate policies, with adequate infrastructure and credits and inputs to ensure the rights of land use. In addition, mechanisms should be created to motivate and encourage those that protect the ecosystems. It is necessary to ensure the extension and counseling service with a system of systematic and safe diffusion of knowledge. In this context, access to knowledge is considered essential.

For the realization of these challenges, it is essential the redefinition of soil management, which implies a change in its use and in the projection of its exploitation at small, medium and large scale. All this leads to consider it as a natural resource, slowly renewable and indispensable to human life.

The strategy for redefining soil management in grasslands also implies the conscious participation of society (producers, technicians, consultants, researchers, policy makers, and community) and planning and organizing the process from local level to basin level. It is important to encourage multifunctional soil use to promote synergies that favor appropriate economic, ecological and social exchanges and strengthen ecosystem services.

It is concluded that soils dedicated to cattle rearing have limiting factors and have lost their fertility, which increased in the last years with its consequent effect on productivity of cattle rearing systems. There are opportunities for proper soil management to be considered for recovery and conservation.

The redefinition soil management in grasslands should include research and development of science associated to these areas, appropriate knowledge management

en la actualidad en tres componentes básicas:

a) En la investigación y el desarrollo se deben encaminar a determinar las relaciones entre las propiedades climáticas y físicas del suelo y la actividad enzimática de los microorganismos (mineralización y captura de C). Además, se debe analizar el efecto de las buenas prácticas en diferentes condiciones con la aplicación de nuevas tecnologías. Se debe atender al efecto del cambio climático en el suelo y trabajar para lograr metodologías eficientes que permitan evaluar su impacto en el suelo. Es necesario cuantificar y controlar la presencia o no de metales pesados en los residuos pecuarios e identificar nuevos métodos de manejo que resulten eficientes. También es necesario actualizar las técnicas de muestreo y análisis de suelo.

b) La gestión del conocimiento y la aplicación de buenas prácticas de manejo de suelo se deben dirigir a la generalización del saber en áreas de producción, de modo que se pueda lograr un manejo integrado sobre bases agroecológicas que potencien su resiliencia y garanticen la sostenibilidad. Se consideran fundamentales la capacitación, el acompañamiento a los productores y la creación de escenarios de referencia. Además, debe existir un flujo adecuado de conocimientos, que permita generar, divulgar y compartir experiencias de buenas prácticas de investigación aplicables a la producción. Este proceso debe lograr que los decisores se involucren y concienticen el problema, por lo que lleva implícito la plena concientización social y la formación de capacidades.

c) La política y la toma de decisiones se deben orientar a promover la ganadería sostenible sobre la base de la mejora de la producción, conservación del ambiente (suelo) y reducción de los costos. Todo esto permitirá la rentabilidad y resiliencia del suelo. Es importante conseguir un entorno favorable, al ofrecer más apoyo a los pequeños y medianos productores y al implementar políticas apropiadas, con una infraestructura adecuada y créditos e insumos que aseguren los derechos del uso de la tierra. Además, se deben crear mecanismos para motivar y estimular a los que protegen los ecosistemas. Es necesario garantizar el servicio de extensión y asesoría con un sistema de difusión sistemática y segura de los conocimientos. En este contexto, el acceso al conocimiento se considera imprescindible.

Para la materialización de estos retos es imprescindible el redimensionamiento en el manejo del suelo, lo que implica un cambio en la manera de usarlo y en la proyección de su explotación a pequeña, mediana y gran escala. Todo esto conlleva a considerarlo como un recurso natural, lentamente renovable e indispensable para la vida humana.

La estrategia para el redimensionamiento del manejo del suelo en pastizales implica además, la participación consciente de la sociedad (productores, técnicos, asesores, investigadores, decisores, comunidad) y la planificación y organización del proceso desde el nivel local hasta el nivel de cuencas. Es importante estimular el uso multifuncional del suelo, que promueva sinergias que favorezcan el adecuado intercambio económico, ecológico y social y

and application of good agro-ecological management practices, together with policies and decision-makings that promote and guarantee a sustainable development of this resource.

refuerzan los servicios de los ecosistemas.

Se concluye que los suelos dedicados a la ganadería tienen factores limitantes y han perdido su fertilidad, lo que se incrementó en los últimos años con su consiguiente efecto en la productividad de los sistemas ganaderos. Existen oportunidades para el manejo adecuado del suelo que se deben considerar para su recuperación y conservación.

El redimensionamiento del manejo del suelo en pastizales debe incluir la investigación y el desarrollo de la ciencia asociada a estas áreas, la gestión apropiada del conocimiento y la aplicación de buenas prácticas de manejo agroecológico, unido a políticas y toma de decisiones que promuevan y garanticen el desarrollo sostenible de este recurso.

References

- Amézquita, E., Thomas, R. J., Rao, I. M., Molina, D. L. & Hoyos, P. 2004. "Use of deep-rooted tropical pastures to build-up an arable layer through improved soil properties of an Oxisol in the Eastern Plains (Llanos Orientales) of Colombia". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 103 (2): 269–277, ISSN: 0167-8809, DOI: 10.1016/j.agee.2003.12.017.
- Bennet, H. H. 1932. *Conservation in Cuba: Some New Cuban Soils*. no. 22, Yonkers, New York: Tropical Plant Research Foundation Scientific Contribution.
- Bennett, H. H. & Allison, R. V. 1962. *Los Suelos de Cuba*. La Habana, Cuba: Comisión Nacional Cubana de UNESCO, 380 p., Available: <https://books.google.com/cu/books/about/Los_Suelos_de_Cuba_Por_H_H_Bennett_Y_R_V.html?id=m_Y3nwEACAAJ&redir_esc=y>, [Consulted: May 3, 2016].
- Botero, B. J. A. 2001. "Contribución de los sistemas ganaderos tropicales al secuestro de Carbono". In: Sánchez M. D. & Rosales M. M. (eds.), *II Conferencia Electrónica de Agroforestería para la Producción Animal*, Roma: FAO, pp. 75–92, Available: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/005/y4435s/y4435s00.pdf>>, [Consulted: March 30, 2016].
- García, Y., Ramírez, W. & Sánchez, S. 2012. "Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso". *Pastos y Forrajes*, 35 (2): 125–138, ISSN: 0864-0394.
- Henderson, D., Olivera, D., Richrad, P. & Calero, A. 2015. "Influencia de los sistemas de uso del suelo en el comportamiento de los ácidos húmicos". In: *VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo*, La Habana, Cuba: Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura y Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, ISBN: 978-959-296-039-8.
- Hernández, S. R. Y., Águila, H. C. & Pérez, M. J. 2005. "Uso del cesio 137 como radiotrazador en la cuantificación de la erosión de suelos tropicales". *Nucleus*, 38: 19–24, ISSN: 0864084X.
- Huss, D., Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina) & FAO Oficina Regional para América Latina y el Caribe 1996. *Principios de manejo de praderas naturales*. (ser. Zonas áridas y semiáridas, no. ser. 6), 2nd ed., Santiago de Chile, Chile: FAO, 272 p., Available: <https://books.google.com/cu/books/about/Principios_de_manejo_de_praderas_natural.html?id=uNk-HQAACAAJ&redir_esc=y>, [Consulted: May 4, 2016].
- Instituto de Suelos 2015a. *Congreso de Suelos 2015*. La Habana, Cuba: Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura y Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, ISBN: 978-959-296-039-8.
- Instituto de Suelos 2015b. *Estado agroquímico de los suelos en empresas ganaderas de Cuba*. La Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura, p. 150.
- Kaine, G. W. & Tozer, P. R. 2005. "Estabilidad, capacidad de recuperación y sostenibilidad basada en sistemas de pastos". *Systems*. *Los Sistemas Agrícolas*, 83: 27–48.
- Kumar, A. A. & Kafle, N. 2009. "Land Degradation Issues in Nepal and Its Management Through Agroforestry". *Journal of Agriculture and Environment*, 10: 133–143, ISSN: 2091-1009, DOI: 10.3126/aej.v10i0.2138.
- Lascano, C. 2004. "Prevención, reducción y rehabilitación de tierras degradadas en los trópicos, un desafío para CIAT y sus socios". In: *Simposio Fertilidad de suelo*, CIAT.
- Lok, S., Díaz, J., Crespo, G. & Torres, V. 2015. "Servicios ambientales generados por la aplicación de tecnologías ganaderas en sistemas agropecuarios tropicales". In: *VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo*, La Habana, Cuba: Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura y Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, ISBN: 978-959-296-039-8.
- Milera, M. 2013. "Contribución de los sistemas silvopastoriles en la producción y el medio ambiente". *Avances en Investigación Agropecuaria*, 17 (3): 7–24, ISSN: 0188-7890.
- Miller, G. T. 1990. "Resource conservation and management". *ASHRAE Transactions*, 105 (1999): 993, ISSN: 0001-2505.
- Obando, M. F. H., Tobasura, A. I. & Miranda, G. J. 2011. "Evaluación de la calidad del suelo por medio de indicadores locales en sistemas con predominio de café y ganadería en zonas de ladera en Colombia". In: Villanueva C., Sepúlveda C. J. & Ibrahim M. (eds.), *Manejo agroecológico como ruta para lograr la sostenibilidad de fincas con café y ganadería*, (ser. Técnica, no. ser. 387), Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), pp. 71–91, ISBN: 978-9977-57-547-6, Available: <<http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr:8080/bitstream/handle/11554/2943/>>

- Manejo_agroecologico_como_ruta_para_lograr_la_sostenibilidad.pdf;jsessionid=35DCBCDFEDFF6C0B76925E0108369418?sequence=1#page=86>, [Consulted: May 4, 2016].
- Paretas, F. J. J. 1990. Ecosistemas y regionalización de pastos en Cuba. La Habana, Cuba: Ministerio de la Agricultura - Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, 178 p., Available: <https://books.google.com/cu/books/about/Ecosistemas_y_regionalizacion_de_pastos.html?id=aIXwZwEACAAJ&redir_esc=y>, [Consulted: May 4, 2016].
- Pellegrini, A. E., Frías, A. & Lanfranco, J. W. 2015. "Comparación de mitologías para determinar la materia orgánica de suelos de la Región Pampeana, Argentina". In: VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, La Habana, Cuba: Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura y Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, ISBN: 978-959-296-039-8.
- Quero, C. A. R., Enríquez, Q. J. F. & Jiménez, L. M. 2007. "Evaluación de especies forrajeras en América tropical, avances o status quo". *Interciencia*, 32 (8): 566–571, ISSN: 0378-1844.
- Quirós, O. 2002. "La conservación de suelos en la producción orgánica". In: II Encuentro de Investigadores en Agricultura Orgánica. Agricultura Conservacionista, MAG, San José, Puerto Rico.
- Sánchez, G. P., López, E. J. A., Vera, J. B., López, R. C. & Jiménez, J. F. 2005. "Novedades corológicas para la flora vascular del sureste ibérico". *Anales de Biología*, 27: 127–132, ISSN: 1989-2128, 1138-3399.
- Sánchez, S., Hernández, M. & Ruz, F. 2011. "Alternativas de manejo de la fertilidad del suelo en ecosistemas agropecuarios". *Pastos y Forrajes*, 34 (4): 375–392, ISSN: 0864-0394.
- The International Bank for Reconstruction and Development & The World Bank 2007. World Development Report 2008. Agriculture for Development. Washington D.C.: The World Bank, p. 365, ISBN: 978-0-8213-6807-7, DOI: 10.1596/978-0-8213-7233-3, Available: <http://siteresources.worldbank.org/INTWDRS/Resources/4773651327599046334/83946791327606607122/WDR_00_book.pdf>, [Consulted: March 30, 2016].
- Vargas, R. 2015. "Plan de implementación de la alianza regional de suelos". In: VIII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, La Habana, Cuba: Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura y Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, ISBN: 978-959-296-039-8, Conferencia Magistral.
- Yado, P. R. 1996. Manejo de recursos naturales. 1st ed., Poitiers (111 Grand-rue, 86000): Universidad Autónoma de Tamaulipas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 164 p., ISBN: 978-2-911299-06-3, Available: <<http://www.amazon.com/Manejo-recursos-naturales-Spanish-Edition/dp/9687662093>>, [Consulted: April 4, 2016].

Received: January 25, 2016