

Study of the fertility of a carbonate red brown soil in a biomass bank with *Cenchrus purpureus* cv. CUBA CT-115 of ten exploitation years

Estudio de la fertilidad de un suelo pardo rojizo carbonatado en un banco de biomasa con *Cenchrus purpureus* vc. CUBA CT-115 de diez años de explotación

G. Crespo López¹, E. A. Cabrera Carcedo² and V.J. Díaz García²

¹Instituto de Ciencia Animal, Apartado Postal 24, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba

²Estación de Suelos de Pinar del Río

Email: gcrespo@ica.co.cu

The objective of this experiment was to research, between 2013-2015, the effect of biomass bank technology on soil fertility and on some morphological indicators of *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115, grazed for more than ten consecutive years in the genetic enterprise "Camilo Cienfuegos", in Pinar del Río province. It was found in the soil pH decrease (5.38 to 5.07, $P < 0.001$), assimilable P_2O_5 (31.7 to 27.3 ppm; $P < 0.016$), assimilable K_2O (56.5 to 48.2 ppm; $P < 0.001$), exchangeable Mg^{++} (1.10 to 0.82) cmol (+)/kg, $P < 0.001$), base change capacity BCC (3.06 to 2.67 cmol (+)/kg, $P < 0.002$) and cation-exchange capacity CEC (4.39 to 4.12 cmol (+)/kg; $P < 0.006$), while organic matter OM increased (2.62 to 2.80 %; $P < 0.004$) and interchangeable Ca^{++} , Na^{+} and K^{+} were not affected. In this case, the compaction significantly increased and the porosity and basal respiration decreased. The tillers/bunch indicator, determined in the rainy and dry seasons of 2015, showed a lower value ($P < 0.0001$) in the dry season (10.70), which coincided with the lower value of the grass yield at that season of the year. The biomass of grass roots was higher in the depth of 15 - 30 cm of the soil (1.01 g/cylinder), in comparison with the superficial layer of 0 - 10 cm (0.54 g/cylinder). However, in the area occupied by the biomass bank, in 2015 acceptable values in the grass morphological indicators, the macrofauna activity (especially earthworms) and the root biomass were found. It is concluded that this soil showed low resilience power, with significant decrease of pH and P, K and Mg contents in the bank that has ten years of uninterrupted grazing. This decrease in the indicators of soil fertility was also reflected in the decrease of CP, P and Ca contents, as well as in the CT-115 digestibility. These results warn about the need to supplement the animals that grazed in this bank with sources of protein, phosphorus and calcium to achieve the right balance in their diets.

Key words: *resilience, grazing, dairy unit, biomass.*

In several researches conducted in Cuba (Lok *et al.* 2010, 2013 and Crespo and Martínez, 2016) the evolution of the general soil fertility has been studied with the biomass bank technology in the CUBA CT-115 grass, applied during a prolonged time in different locations in Cuba. In these studies, diverse performances between soil types and climatic conditions were found.

This research, which is a continuation of the previous ones, aimed to study the changes that showed the chemical, physical and biological properties of

El objetivo de este experimento fue investigar, entre 2013-2015, el efecto de la tecnología del banco de biomasa en la fertilidad del suelo y en algunos indicadores morfológicos de *Cenchrus purpureus* cv. Cuba CT-115, pastoreado durante más de diez años consecutivos en la empresa genética "Camilo Cienfuegos", en la provincia de Pinar del Río. Se encontró en el suelo disminución de pH (5.38 a 5.07; $P < 0.001$), P_2O_5 asimilable (31.7 a 27.3 ppm; $P < 0.016$), K_2O asimilable (56.5 a 48.2 ppm; $P < 0.001$), Mg^{++} intercambiable (1.10 a 0.82 cmol(+)/kg; $P < 0.001$), capacidad de cambio de bases CCB (3.06 a 2.67 cmol(+)/kg; $P < 0.002$) y capacidad de intercambio catiónico CIC (4.39 a 4.12 cmol(+)/kg; $P < 0.006$), mientras que la materia orgánica MO aumentó (2.62 a 2.80 %; $P < 0.004$) y el Ca^{++} , Na^{+} y K^{+} intercambiables no se afectaron. En este caso, la compactación se incrementó significativamente y la porosidad y la respiración basal disminuyeron. El indicador hijos/plantón, determinado en las estaciones lluviosa y seca de 2015, presentó menor valor ($P < 0.0001$) en la época de seca (10.70), que coincidió con el menor valor del rendimiento del pasto en esa época del año. La biomasa de raíces del pasto fue mayor en la profundidad de 15 - 30 cm del suelo (1.01 g/cilindro), en comparación con la capa superficial de 0 - 10 cm (0.54 g/cilindro). No obstante, en el área que ocupó el banco de biomasa, se encontró en 2015 valores aceptables en los indicadores morfológicos del pasto, la actividad de la macrofauna (en especial las lombrices) y la biomasa radicular. Se concluye que este suelo mostró bajo poder de resiliencia, con disminución significativa del pH y de los contenidos de P, K y Mg en el banco que lleva diez años de pastoreo ininterrumpido. Este descenso de los indicadores de la fertilidad del suelo se reflejó también en la disminución de los contenidos de PB, P y Ca, así como en la digestibilidad del CT-115. Estos resultados alertan acerca de la necesidad de suplementar los animales que pastorean en este banco con fuentes de proteína, fósforo y calcio para lograr el balance adecuado en sus dietas.

Palabras clave: *resiliencia, pastoreo, vaquería, biomasa.*

En varias investigaciones conducidas en Cuba (Lok *et al.* 2010, 2013 y Crespo y Martínez, 2016) se ha estudiado la evolución de la fertilidad general del suelo con la tecnología de banco de biomasa en el pasto CUBA CT-115, aplicada durante un tiempo prolongado en diferentes localidades de Cuba. En estos trabajos se encontraron diversos comportamientos entre los tipos de suelo y condiciones climáticas.

Esta investigación, que es continuación de las que antes se refieren, tuvo como objetivo estudiar los cambios que mostraron las propiedades químicas, físicas

a carbonate red brown soil in the area of a CUBA CT-115 bank, grazed by dairy cows for 10 consecutive years.

Materials and Methods

The total area of grasslands from La Jíbara dairy is 100 ha, of which 13.4 ha (13.4 %) were occupied by the biomass bank of *Cenchrus purpureus* (*Cenchrus purpureus* (schumach) Morone cv. Cuba CT-115), while 84.4% Guinea grass likoni (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B.K. Simon & S.W.L. Jacobs, and 3 % shrub *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* Lin. cv. Peru).

The biomass bank used in rotational grazing for 10 consecutive years is located north of the Central Highway and south of the management of the cattle enterprise "Camilo Cienfuegos", in Pinar del Río province. For this study, an area of 5 ha was selected, divided into five paddocks, of 1ha each.

The soil that predominates in this scenario is carbonate red brown (Hernández *et al.* 2015), with slight differences in terms of texture and effective depth.

Some chemical characteristics of this soil at the beginning of the bank establishment are shown in table 1.

y biológicas de un suelo pardo rojizo carbonatado en el área de un banco de CUBA CT-115, pastoreado por vacas lecheras durante 10 años consecutivos.

Materiales y Métodos

El área total de pastizales de la vaquería La Jíbara es de 100 ha, de las cuales 13.4 ha (13.4%) estuvieron ocupadas por el banco de biomasa de *Cenchrus purpureus* (*Cenchrus purpureus* (schumach) Morone cv. Cuba CT-115), mientras que 84.4 %, el pasto guinea likoni (*Megathyrsus maximus* (Jacq.) B. K. Simon & S.W.L. Jacobs, y el 3 % la arbustiva leucaena (*Leucaena leucocephala* Lin. vc. Perú).

El banco de biomasa utilizado en pastoreo rotacional durante 10 años consecutivos se encuentra ubicado al norte de la Carretera Central y al sur de la dirección de la Empresa ganadera "Camilo Cienfuegos", en la provincia de Pinar del Río. Para el presente estudio, se seleccionó un área de 5 ha, dividida en cinco cuartones, de 1 ha cada uno.

El suelo que predomina en este escenario es pardo rojizo carbonatado (Hernández *et al.* 2015), con ligeras diferencias en cuanto a la textura y la profundidad efectiva.

Algunas características químicas de este suelo al inicio del establecimiento del banco se muestran en la tabla 1.

Table 1. Chemical characteristics of the carbonate red brown soil in the biomass bank of the dairy unit "La Jíbara", 10 years before to start this research.

Indicator	Mean	Interpretation	SD
pH (KCl)	5.38	Slightly acid	0.27
P ₂ O ₅ , ppm	31.7	medium	0.54
K ₂ O, ppm	56.5	high	0.73
OM, %	2.62	low	0.24
Ca ⁺⁺ , cmol(+)/kg	1.74	low	0.63
Mg ⁺⁺ , cmol(+)/kg	1.10	low	0.37
K ⁺ , cmol(+)/kg	0.12	low	0.08
Na ⁺ , cmol(+)/kg	0.11	low	0.02
BCC, cmol(+)/kg	3.06	low	1.06
CEC, cmol (+)/kg	4.39	low	1.06

The reaction of this soil is slightly acidic, with medium P₂O₅ and high K₂O content, and very low base change capacity. Among the interchangeable cations, Ca⁺⁺ predominates.

Initially, the herd of the dairy was constituted by 115 cows, 2 bulls, 60 heifers and 45 calves, for an estimated stocking rate of 1.7 UGM/ha. The information regarding the productions and performance of the animals was not obtained at the beginning of the management of the biomass bank.

Experimental procedure. In 2013, an area of 5.0 ha from the CT-115 bank exploited for ten consecutive years was selected, which was imaginatively divided into four quadrants for sampling. The undisturbed samples were

La reacción de este suelo es ligeramente ácida, con contenido medio de P₂O₅ y alto de K₂O, y muy baja capacidad de cambio de bases. Entre los cationes intercambiables, el Ca⁺⁺ es el que predomina.

Inicialmente, el rebaño de la vaquería estaba constituido por 115 vacas, 2 toros, 60 novillas y 45 terneros, para una carga estimada de 1.7 UGM/ha. No se obtuvo la información referente a las producciones y el comportamiento de los animales al inicio del manejo del banco de biomasa.

Procedimiento experimental. En el 2013 se seleccionó un área de 5.0 ha del banco de CT-115 explotada durante diez años consecutivos, que se dividió imaginariamente en cuatro cuadrantes para la toma de muestras. Las muestras

extracted with cylindrical auger, of 0-15 cm, in five points distributed along the diagonals of each quadrant, for 20 samples in total, similar to the sampling that was made at the beginning, 10 years before.

As it was not possible to determine the apparent density, porosity, compaction and basal respiration indicators in the soil occupied by the biomass bank at the beginning of the research, a sampling at the end of the rainy season of 2014 was carried out, in which they were taken in each one of the areas, five soil samples inside the bank and another five outside the influence of the bank, in depth of 0-15 cm.

The analytical methods used to determine the chemical, physical and biological indicators of the soil were the same cited by Crespo and Martínez (2016).

The plant performance of the biomass bank of CT-115 was determined in each climatic season of the year 2015. In each sampling, five areas of 1m x 1m were randomly taken, in which the number of bunches, the height, the quantity of tillers per plant, the thickness of the central section of the stem and the length of the fourth leaf were counted. The performance of CT-115 was also determined in five rows selected at random by paddock. In each area, the underground phytomass was also evaluated using the methodology proposed by Hernández *et al.* (1998). This indicator was measured for the depths of 0-15 and 15-30 cm through cylinders of cutting edges of known volume.

To determine the chemical composition of the grass at the end of 2015, the intact samples, consisting of leaves and stems of plants with 90 d of regrowth, were dried in air circulation oven, at alternate temperatures: 100 °C for one hour and then to 60 °C until reaching constant weight (around 72 h), according to Herrera (2003). To the samples were determined CP, P and Ca content, according to AOAC (2000), NDF according to van Soest *et al.* (1991) technique and OM digestibility according to Kesting (1977). All determinations were made in triplicate.

Statistical analysis of the results. The values of the soil indicators were analyzed by variance, according to one-way model. The theoretical assumptions of the analysis of variance were verified for all the variables, from the Shapiro and Wilk (1965) test and the normality of the errors, as well as Levene's (1960) test for the homogeneity of variance. For the analysis of the plant component data, the Fisher's test was applied when the interaction was not significant. When the variables did not comply with the assumptions of the ANAVA, the transformation \sqrt{x} was used. If this did not improve compliance with these assumptions, the nonparametric variance analysis of Kruskal-Wallis was performed. The statistical package used was INFostat (DiRienzo *et al.* 2012).

Results and Discussion

The chemical soil indicators in the biomass bank are

sin disturbar se extrajeron con barrena cilíndrica, de 0-15 cm, en cinco puntos distribuidos a lo largo de las diagonales de cada cuadrante, para 20 muestras en total, similar al muestreo que se realizó al inicio 10 años antes.

Como no se pudieron determinar los indicadores densidad aparente, porosidad, compactación y respiración basal en el suelo que ocupó el banco de biomasa al inicio de la investigación, se realizó un muestreo al final de la estación lluviosa de 2014, en el cual se tomaron en cada una de las áreas, cinco muestras de suelo dentro del banco y otras cinco fuera de la influencia del banco, en la profundidad de 0-15 cm.

Los métodos analíticos utilizados para la determinación de los indicadores químicos, físicos y biológicos del suelo fueron los mismos citados por Crespo y Martínez (2016).

El comportamiento vegetal del banco de biomasa de CT-115 se determinó en cada estación climática del año 2015. En cada muestreo se tomaron al azar cinco áreas de 1m x 1m, en las que se contaron la cantidad de plantones, la altura, la cantidad de hijos por plantón, el grosor de la sección central del tallo y el largo de la cuarta hoja. También se determinó el rendimiento del CT-115 en cinco surcos seleccionados al azar por cuartón. En cada área se evaluó, además, la fitomasa subterránea mediante la metodología propuesta por Hernández *et al.* (1998). Este indicador se midió para las profundidades de 0-15 y 15-30 cm mediante cilindros de borde cortante, de volumen conocido.

Para determinar la composición química del pasto al finalizar el año 2015, las muestras íntegras, constituidas por hojas y tallos de plantas con 90 d de rebrote, se secaron en estufa de circulación de aire, a temperaturas alternas: 100 °C durante una hora y después a 60 °C hasta alcanzar peso constante (alrededor de 72 h), según Herrera (2003). A las muestras se les determinó el contenido de PB, P y Ca, según AOAC (2000), la FDN según la técnica de van Soest *et al.* (1991) y la digestibilidad de la MO de acuerdo con Kesting (1977). Todas las determinaciones se hicieron por triplicado.

Análisis estadístico de los resultados. A los valores de los indicadores del suelo se les realizó análisis de varianza, según modelo de clasificación simple. Se verificaron los supuestos teóricos del análisis de varianza para todas las variables, a partir de las dójimas de Shapiro y Wilk (1965) y la normalidad de los errores, así como la dójima de Levene (1960) para la homogeneidad de varianza.

Para el análisis de los datos del componente vegetal, se aplicó la dójima de Fisher cuando la interacción no fue significativa. Cuando las variables no cumplieron con los supuestos del ANAVA, se empleó la transformación \sqrt{x} . Si esta no mejoró el cumplimiento de dichos supuestos, se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. El paquete estadístico utilizado fue INFostat (DiRienzo *et al.* 2012).

Resultados y Discusión

Los indicadores químicos del suelo en el banco de

shown in table 2. There was a significant decrease in pH ($P < 0.001$), assimilable P_2O_5 ($P = 0.016$), assimilable K_2O ($P < 0.001$), exchangeable Mg^{++} ($P < 0.001$), base change capacity BCC ($P = 0.002$) and cation-exchange capacity CEC ($P = 0.006$). The OM significantly increased ($P = 0.004$), while interchangeable Ca^{++} , Na^+ and K^+ were not affected.

biomasa se muestran en la tabla 2. Se encontró disminución significativa del pH ($P < 0.001$), P_2O_5 asimilable ($P = 0.016$), K_2O asimilable ($P < 0.001$), Mg^{++} intercambiable ($P < 0.001$), capacidad de cambio de bases CCB ($P = 0.002$) y capacidad de intercambio catiónico CIC ($P = 0.006$). La MO aumentó significativamente ($P = 0.004$), mientras que Ca^{++} , Na^+ y K^+ intercambiables

Table 2. Variation of the chemical composition of the soil in the biomass bank area

Indicator	Start (2003)	Final (2013)	Interpretation	SE \pm	Significance
pH (KCl)	5.38	5.07	Acid	0.05	$P < 0.001$
P_2O_5 , ppm	31.70	27.30	Low	0.15	$P = 0.016$
K_2O , ppm	56.50	48.20	Low	0.13	$P < 0.001$
OM, %	2.62	2.80	Low	0.05	$P = 0.004$
Ca^{++} , cmol(+)/kg	1.74	1.65	Very low	0.07	$P = 0.227$
Mg^{++} , cmol(+)/kg	1.10	0.82	Very low	0.06	$P < 0.001$
Na^+ , cmol(+)/kg	0.11	0.11	Very low	0.002	$P = 0.591$
K^+ , cmol(+)/kg	0.12	0.09	Very low	0.003	$P = 0.392$
BCC, cmol(+)/kg	3.06	2.67	Very low	0.09	$P = 0.002$
CEC, cmol(+)/kg	4.39	4.12	Very low	0.08	$P = 0.006$

Although the soil OM showed a significant increase after 10 years of grazing, this value is still interpreted as low. However, the increase of 10.7 % could be due to the continuous accumulation of litter by the plants of CT-115, also reported by Lok *et al.* (2010) and Crespo (2011) in other types of soil

The grassland systems that allow the increase of OM content in the soil are a very important topic, since they make possible the increase of the C capture in the soil, with the consequent improvement in the environment and in the general fertility of the soil (Venden Bygaard *et al.* 2010 and Lok *et al.* 2013).

For a long time, the importance of soil organic matter (SOM) in the maintenance of its quality is recognized (Crespo 2011 and Stockmann *et al.* 2013), mainly as regards the improvement of its chemical and physical properties and, to a large extent, in the existence of a rich and diversified biota (Baum *et al.* 2013).

In relation to this, models for the estimation of organic soil carbon storage (OSC) in agricultural areas are often used (Lugato *et al.* 2014) and the ratio of humic acids / fulvic acids (HA / FA) is also identified. in the OSC.

A long-term research, conducted by Horacek *et al.* (2017), showed that in Chernozem soils, from several regions of Czechoslovakia, the current SOM quantity was significantly higher than 50 years earlier, but the HA / FA ratio was lower. This shows that the higher accumulation of SOM compensated the decrease of its quality in this type of soil.

The studies conducted by Lou *et al.* (2010) showed a wide range of OSC in the grasslands of eastern Australia, which varied between 22.4 - 66.3 t/ha at the depth of

no se afectaron.

Aunque la MO del suelo mostró aumento significativo después de 10 años de pastoreo, este valor se interpreta aún como bajo. No obstante, el aumento de 10.7 % se pudo deber a la continua acumulación de hojarasca por las plantas de CT-115, informada también por Lok *et al.* (2010) y Crespo (2011) en otros tipos de suelo.

Los sistemas de pastizales que permiten el incremento del contenido de MO en el suelo constituyen un tema de mucha actualidad, pues posibilitan el aumento de la captura de C en el suelo, con la consiguiente mejora en el ambiente y en la fertilidad general del suelo (Venden Bygaard *et al.* 2010 y Lok *et al.* 2013).

Por mucho tiempo, se reconoce la importancia de la materia orgánica del suelo (MOS) en el mantenimiento de su calidad (Crespo 2011 y Stockmann *et al.* 2013), principalmente en lo que respecta a la mejora de sus propiedades químicas y físicas y, en gran medida, en la existencia de una rica y diversificada biota (Baum *et al.* 2013).

En relación con esto, frecuentemente se utilizan modelos para la estimación del almacén de carbono orgánico del suelo (COS) en las áreas agrícolas (Lugato *et al.* 2014) y se identifica, además, la relación ácidos húmicos/ácidos fulvicos (AH/AF) en el COS.

Una investigación de larga duración, conducida por Horacek *et al.* (2017), demostró que en suelos Chernozem, de varias regiones de Checoslovaquia, la cantidad de MOS actual fue significativamente más alta que 50 años antes, pero la relación AH/AF fue menor. Esto indica que la mayor acumulación de MOS compensó la disminución de su calidad en ese tipo de suelo.

Los estudios conducidos por Lou *et al.* (2010) demostraron amplio rango de COS en los pastizales

0-30 cm. These authors propose to conduct long-term research to know exactly how it occurs and in what amount the sequestration of C in the soil under grasslands and how influence the management practices.

The results also indicated that it will be necessary to pay close attention to the early supply of a phosphorus carrier that allows maintaining the biomass bank productivity. The chemical analysis showed, in addition, significant decrease of K in the soil.

This fact may be due, in part, to the high extraction of this element by plants belonging to the *Cenchrus purpureus* genus (Herrera and Ramos, 2005).

The low resilience power shown by this soil was notorious, where practically all the chemical indicators studied (except Ca, Na and K) decreased significantly in the tenth year of exploitation. It is very likely that the low CEC has been the main cause of this performance, since they can cause appreciable losses of ions by leaching (Hernández *et al.* 2015). The performance shown by this soil alerts on the need to supply early sources of nutrients that compensate such decreases and help maintain the productivity of the CT-115 bank.

The determination of some physical soil variables in the area occupied by the biomass bank, compared with the adjacent area dedicated to the mechanized production of forage, is shown in table 3. In the soil occupied by the biomass bank, the compaction was significantly lower, and the porosity and basal respiration were higher with respect to the soil outside the bank. This shows that the intensive mechanization of forage also deteriorates the stability of some physical factors of importance in the soil (Cuenca 2014).

del este de Australia, que varió entre 22.4 – 66.3 t/ha en la profundidad de 0-30 cm. Estos autores proponen conducir investigaciones de larga duración para conocer con exactitud cómo ocurre y en qué cuantía el secuestro del C en el suelo bajo pastizales y cómo influyen en el mismo las prácticas de manejo.

Los resultados también indicaron que será necesario prestar mucha atención al suministro temprano de un portador de fósforo que permita mantener la productividad del banco de biomasa. El análisis químico mostró, además, disminución significativa de K en el suelo. Este hecho se puede deber, en parte, a la alta extracción de este elemento que hacen las plantas pertenecientes al género *Cenchrus purpureus* (Herrera y Ramos, 2005).

Resultó notorio el bajo poder de resiliencia mostrado por este suelo, donde, prácticamente, todos los indicadores químicos estudiados (excepto Ca, Na y K) disminuyeron significativamente en el décimo año de explotación. Es muy probable que la baja CIC haya sido la causa principal de este comportamiento, ya que por ello se pueden producir pérdidas apreciables de iones por lixiviación (Hernández *et al.* 2015). El comportamiento mostrado por este suelo alerta sobre la necesidad de suministrar tempranamente fuentes de nutrientes que compensen tales disminuciones y ayuden al mantenimiento de la productividad del banco de CT-115.

La determinación de algunas variables físicas del suelo en el área ocupada por el banco de biomasa, comparada con el área adyacente que se dedica a la producción mecanizada de forraje, se muestra en la tabla 3. En el suelo ocupado por el banco de biomasa, la compactación fue significativamente menor, y la porosidad y la respiración basal fueron mayores con respecto al suelo fuera del banco. Esto demuestra que la mecanización intensiva de

Table 3. Some physical properties of the soil in the grazed and ungrazed area

Indicator	Inside the bank (intensive grazing 10 years)	Outside the bank (mechanized forage production 10 years)	SE ±	Significance
Apparent density, g/cm ³	1.26	1.31	0.08	P < 0.091
Porosity, %	49.46	47.65	0.25	P < 0.001
Compaction, N/cm ²	292	552	17.34	P < 0.001
Basal respiration, mg CO ₂ /g	0.97	0.32	0.05	P < 0.001

These results give an idea of the low resilience capacity of this soil, which worsens when the forage area is exploited with continued use of cutting machines. In this sense, the loam-clay-sandy texture of this soil makes it, to a certain degree, susceptible to the sensitive losses of many of its chemical indicators (Jaramillo 2002).

The low values of BCC and of the CEC of the soil give an idea of the poor capacity of the soil to retain nutrients and, therefore, of their susceptibility to lose them as frequent grazing for 10 consecutive years were made.

Neither the biomass of the macrofauna nor the

forraje deteriora también la estabilidad de algunos factores físicos de importancia en el suelo (Cuenca 2014).

Estos resultados dan una idea de la poca capacidad de resiliencia que posee este suelo, lo que empeora cuando se explota el área para forraje con uso continuado de máquinas de corte. En este sentido, la textura loam-arcillo-arenosa de este suelo lo hace, en cierto grado, susceptible a pérdidas sensibles de muchos de sus indicadores químicos (Jaramillo 2002). Los bajos valores de CCB y de la CIC del suelo dan una idea de la pobre capacidad del suelo para retener nutrientes y, por lo tanto, de su susceptibilidad a perderlos en la medida que se hicieron pastoreos frecuentes durante 10 años consecutivos.

number of earthworms per stratum significantly varied with the depth of the soil.

The tillers/ bunch indicator showed lower value ($P = 0.0032$) in the dry season (table 4). This decrease in tillering in the dry season seems to have been the main cause of the lower value of grass performance at that season of the year. The biomass of grass roots was significantly higher in the depth of 0-10 cm, compared to the surface layer of 0-10 cm. Apparently, the absence of an argillic clay material in this soil hindered the penetration of the grass roots at higher depth (Ventury and Keel 2016 and Vetterlein and Doussan 2016).

Ni la biomasa de la macrofauna ni el número de lombrices por estrato variaron significativamente con la profundidad del suelo.

El indicador hijos/plantón presentó menor valor ($P=0.0032$) en la época de seca (tabla 4). Esta disminución del ahijamiento en la época de seca parece haber sido la causa principal del menor valor del rendimiento del pasto en esa época del año. La biomasa de raíces del pasto fue significativamente mayor en la profundidad de 0-10 cm, en comparación con la capa superficial de 0-10 cm. Al parecer, la ausencia de un material arcilloso argílico en este suelo dificultó la penetración de las raíces del pasto a mayor profundidad (Ventury y Keel 2016 y Vetterlein

Table 4. Tillers bunch⁻¹ and weight roots of CT-115 in the biomass bank

Indicator	Climatic seasons		
	Rainy season	Dry season	Significance
Tillers bunch ⁻¹	(19.23)	(10.70)	P=0.0032
	4.37	3.26	
	SD=3.26	SD=2.52	
Fresh roots (g/cylinder)	Soil depth, cm		
	0-10	10-20	Significance
	(9.81)	(6.94)	P=0.0026
	0.99	0.59	
	SD=5.73	SD=3.23	

() Original means

The CP, P, Ca, NDF values and digestibility of the CT-115 grass in the dry season of 2014 are shown in table 5.

y Doussan 2016).

Los valores de PB, P, Ca, FDN y digestibilidad del pasto CT-115 en la estación seca de 2014 se muestran

Table 5. Chemical composition of CT-115 in the dry season of the last year in the biomass bank

Statisticians	Indicators, dry basis				
	CP, gkg ⁻¹	P, gkg ⁻¹	Ca, gkg ⁻¹	NDF, %	Digestibility, %
Range	72.2-80.5	0.6-1.2	5.1-7.3	57.3-66.0	40.0-43.2
Mean	76.3	0.9	6.2	61.65	41.6
SD	5.2	0.15	1.8	5.2	5.1
VC, %	10.0	8.5	8.2	5.2	5.0

The decrease found in the indicators of chemical soil fertility was also reflected in the decrease of some of the indicators of the chemical composition of CT-115. Thus, the sampling conducted in the dry season of 2015, showed that the CP did not exceed the concentration of 75 g kg⁻¹, while the phosphorus showed values lower than 1.2 g kg⁻¹. In turn, the NDF was higher than 50% and DM digestibility was showed in values lower than 42 %. Values similar to these indicators were also indicated by Valenciaga *et al.* (2009), but with advanced ages of growth of this grass.

It is concluded that this carbonate red brown soil showed low resilience power, with a significant decrease

en la tabla 5.

El descenso encontrado en los indicadores de la fertilidad química del suelo se reflejó también en la disminución de algunos de los indicadores de la composición química del CT-115. Así, el muestreo realizado en la estación seca de 2015, mostró que la PB no rebasó la concentración de 75 g kg⁻¹, mientras que el fósforo mostró valores inferiores a 1.2 g kg⁻¹. A su vez, la FDN fue superior a 50 % y la digestibilidad de la MS se presentó en valores inferiores a 42 %. Valores similares a estos indicadores fueron señalados también por Valenciaga *et al.* (2009), pero con edades avanzadas de crecimiento de este pasto.

Se concluye que este suelo pardo rojizo carbonatado

in pH and the contents of P, K and Mg in the bank that has 10 years of uninterrupted grazing. This decrease in soil fertility indicators was also reflected in the decrease in the CP, P and Ca contents, as well as in the CT-115 digestibility.

These results warn about the need to supplement with sources of protein, phosphorus and calcium to the animals that grazed in this bank to achieve an adequate balance in their diet.

Acknowledgments

Thanks to the soil laboratory from Pinar del Río province for the analysis of soil samples and to the genetic enterprise "Camilo Cienfuegos" for the authorization to conduct the research in the biomass bank of the dairy unit "La Jíbara".

mostró bajo poder de resiliencia, con disminución significativa del pH y de los contenidos de P, K y Mg en el banco que lleva 10 años de pastoreo ininterrumpido. Este descenso de los indicadores de fertilidad del suelo se reflejó también en la disminución de los contenidos de PB, P y Ca, así como en la digestibilidad del CT-115. Estos resultados alertan sobre la necesidad de suplementar con fuentes de proteína, fósforo y calcio a los animales que pastorean en este banco para lograr un balance adecuado en su dieta.

Agradecimientos

Se agradece al laboratorio de suelos de la provincia Pinar del Río por la realización de los análisis de las muestras de suelo y a la empresa genética "Camilo Cienfuegos" por la autorización para conducir la investigación en el banco de biomasa de la vaquería "La Jíbara".

References

- AOAC 2000. Official Method of Analysis. 17th Ed. Ass. Off. Anal. Chem. Washington, D.C.
- Baum, C., Eckhardt, K., Weih, M., Dimitriu, I. & Leinweber, P. 2013. Impact of poplar on soil organic matter quality and microbial communities in arable soils. *Plant, Soil and Environment*, 59:95-99
- Crespo, G. 2011. Soil organic matter performance in grasslands. *Cuban J. of Agricultural Sci.* 4:343.
- Crespo, G. & Martínez, R.O. 2016. Study of the chemical soil fertility in the biomass bank technology of *Cenchrus purpureus* cv. CUBA CT-115 with different exploitation years. *Cuban J. of Agricultural Sci.* 50:497
- Cuenca, P. 2014. Impacto de la ganadería sobre las características fisicoquímicas del suelo del predio los Altares. Available: <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/2652/1/1117495827.pdf>
- Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., González, L., Tablada, M. & Robledo, C. W. 2012. InfoStat. Version 2012, [Windows], Córdoba, Argentina: Grupo InfoStat, Available: <<http://www.infostat.com.ar/>>.
- Hernández, L., Sánchez, J.A. & Lazo, J. 1998. Caracterización espacial de la biomasa subterránea en pastizales del Instituto de Ciencia Animal. *Acta Botánica Cubana*. No. 116:5-10. Instituto de Ecología y Sistemática de Cuba
- Hernández, J. A., Pérez, J. J. M., Bosch, I. D. & Castro, S. N. 2015. Clasificación de los suelos de Cuba 2015. Mayabeque, Cuba: Ediciones INCA, 93 p., ISBN: 978-959-7023-77-7
- Herrera, R.S. 2003. Principios básicos de fisiología, métodos de muestreo y calidad de los pastos. In: *Fisiología, establecimiento y producción de biomasa de pastos, forrajes y otras especies para la ganadería tropical*. Ed. Instituto de Ciencia Animal-Centro de Desarrollo Tecnológico La Noria. México, pp. 12.
- Herrera, R.S & Ramos, N. 2005. Factores que influyen en la producción de biomasa y la Calidad. In: *Cenchrus purpureus para la ganadería tropical*. Ed. EDICA, p. 79
- Horacek, J., Novak, P., Leebhard, P., Strosser, E. & Babulikova, M. 2017. The long term changes in soil organic matter contents and quality in chernozems. *Plant and Soil Environment*. 1:8
- Jaramillo, D. F. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Medellín. 700p.
- Kesting, V. 1977. Sektion Tiernahrung Vortragstagung der Gesellschaft Fur Ernährung der DDR. p. 306
- Levene, H. 1960. Robust test for the quality of variance. *Contributions to Probability and Statistics*. Stanford University Press.
- Lok, S., Crespo, G., Valenciaga, D., La O, O., Torres, V.; Graga, S. & Noda, A. 2010. Impact of the technology of biomass bank of CT-115 on the soil – grass – animal system. *Cuban J. of Agricultural Sci.* 43:297.
- Lok, S. Fraga, S. & Noda, A. Biomass bank with *Cenchrus purpureus* cv. CT-115. Its effects on the carbon storage in the soil. *Cuban J. of Agricultural Sci.* 47:301.
- Lou, Z., Wang, E. & Jamxin, O. 2010. Soil Carbon Change and its response to agricultural practices in Australia agroecosystems. A Review and synthesis. *Geoderma*, 155:211
- Lugato, E., Panagos, P., Bampa, F., Jones, A. & Montanarella, L. 2014. A new baseline of organic-carbon stock in European agriculture using a modeling approach. *Global Change Biology*, 20:313:326. <http://doi.org/10.1111/gob.12292>
- Shapiro, S. & Wilk, B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrics*, 52:591.
- Stockmann, U., Adams, U.A., Crawford, J.W., Field, D.J., Henaakaarchchi, N., Jenkins, M., Minaroy, B., McBratney, de Corcelles, V de R., Dingh, K., Wheeler, I., Abbot, L., Angers, D.A., Baldock, J., Bird, M., Whitehead, D. & Zimmermann, M. 2013. The known, known unknown and unknown of sequestration of soil organic carbon. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 164:80-85.
- Valenciaga, D., Chongo, B., Herrera, R. S., Torres, V., Oramas, A. & Herrera, M. 2009. Effect of regrowth age on *in vitro* dry matter digestibility of *Cenchrus purpureus* cv. CUBA CT 115. *Cuban J. of Agricultural Sci.* 43:79
- Van Soest, P. J. Robertson, J. B. & Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber and nonstarch

- polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74 (10): 3583-3597, ISSN: 0022-0302, DOI: 10.31/jds.50022-0302 (91) 78551-2
- Venden Bygaart, A. J., Bremer, E., McOonkey, B.G., Janzen, H. H., Campbell, C. A., Brand, S. A. & Eswaran, H. 2010. Soil organic carbon stocks on long – term agroecosystem experiments in Canada. *Canadian J. of Soil Science.* 90:543: 550
- Vetterlein, D. & Doussan, C. 2016. Root age distribution: how does it matter in plant processes?: a focus on water uptake. *Plant Soil.* 407:145: 160. <http://doi.org/10.1007/s11104-016-2846-6>
- Venturi, V. & Keel, C. 2016. Signaling in the rhizosphere. *Trends Plant Sci.* 21:187-198. <http://doi.org/10.1016/j.plants.2016.01-005>

Received: May 9, 2017