



ORIGINAL ARTICLE | ARTÍCULO ORIGINAL

<https://revistas.unah.edu.cu/index.php/rcta/article/view/1542>

Effect of Continued Cultivation on Some Properties of Lixiviated Red Ferralitic Soils

Efecto del cultivo continuado en algunas propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados

Dr.C. Nelson J. Martín-Alonso^{II}, MSc. Violeta Llanes-Hernández^I, Dr.C. Gloria Marta Martín-Alonso^{II},
Dr.C. Enrique Frometa-Milanés[†]

^IUniversidad Agraria de La Habana, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

^{II}Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba.

ABSTRACT. Mechanical actions exerted by diverse categories of machines are used to take the soil to the most desirable physical state. The mechanical operations are carried out in the soil with or without the plant and on the plant for harvesting with high yields. All these actions can affect the soil microstructure, its density and content of organic matter, as well as its capacity of cation exchange, its fertility and productivity. To value the behavior of these properties, Lixiviated Red Ferralitic soils were studied in areas without cultivating, cultivated with sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) during twelve and seventy-five years, cultivated with medicinal plants for twenty years and cultivated with varied crops for eighteen years, with irrigation. It was found that the pH (H₂O and KCl) and the hydrolytic acidity increased as years of sugar cane cultivation increased, which did not happen in the areas without cultivating and in soils dedicated to medicinal plants. In the Red Ferralitic Lixiviated fields with several cultivations and irrigation, the pH reached values above seven due to the high content of calcium in irrigation waters derived from karst region, effect generated by the climate change.

Keywords: Fertilizer, Organic Matter, Soil Acidity, Karst.

RESUMEN. El hombre emplea acciones mecánicas ejercidas por diversas categorías de máquinas, para llevar el suelo al estado físico más deseable. Las operaciones mecánicas se llevan a cabo en el suelo con o sin la planta y sobre la planta, para la obtención de una cosecha, pretendiendo obtener altos rendimientos. Todas estas acciones pueden afectar la micro estructura del suelo, la densidad de volumen, el contenido de materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la fertilidad y productividad del suelo. Para estudiar el comportamiento de estas propiedades, se valoró el comportamiento de los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados en un área sin cultivar, durante 100 años, en caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) cultivadas durante, 12 y 75 años, en plantas medicinales cultivadas por 20 años y áreas de cultivos varios con riego, en un lapso de tiempo de 18 años. Se encontró que el pH (H₂O y al KCl) y la acidez hidrolítica aumenta a medida que se incrementa los años de explotación, del cultivo de la caña de azúcar, no sucediendo esto en las áreas sin cultivar y en suelos dedicados a plantas medicinales. En los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados, sembrados con cultivos varios, con riego, el pH sobre paso valores por encima de siete debido al alto contenido de calcio que poseen las aguas de riego producto de una intensificación del carsismo.

Palabras clave: compactación, fertilidad, materia orgánica, acidez del suelo, carsismo.

INTRODUCTION

The current situation of environmental degradation makes necessary that agricultural management guarantees the satisfaction of the growing needs of foods that is tech-

INTRODUCCIÓN

La actual situación de degradación ambiental hace necesario que el manejo agrícola garantice la satisfacción de las necesidades crecientes de alimentos, que sea técnicamente

[†] Autor para correspondencia: Nelson J. Martín Alonso, e-mail: nelsonm@unah.edu.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8542-1338>

Recibido: 20/01/2021.

Aprobado: 12/11/2021.

nically feasible, economically viable, socially justifiable and that neither contaminate the atmosphere, nor damage natural ecosystems.

In Cuba, the intensive exploitation of Red Ferralitic soils is developed to guarantee the feeding of an important number of people, being this more remarkable in areas of Ferralitic soils next to Havana, the capital of the country cited by Calzadilla (2016). In these soils, several cultivations, sugarcane, grasses, plantain and bananas, among others are sown intensively. The accumulation of organic matter and its preservation in form of carbon in these soils are not uniform and depend on the type of crop and the phytotechnical works applied. Each system of agricultural exploitation affects the physical, chemical and physical-chemical properties with different degree of intensity; where the mitigation of adverse properties is highly determined by the capture of carbon produced in the soils (Mesías *et al.*, 2018).

The soil volume density rarely overcomes 1.5 Mg m^{-3} and, can be even smaller than 1 Mg m^{-3} in superficial horizons, rich in soil organic matter (MOS). This is due to the accommodation or ordination of the particles that leaves empty spaces among them, as well as to the existence of conduits and structures of biological origin.

The capacity of retention of accessible water for the plants depends on the volume and type of pores that constitute those “empty” spaces. The soil permeability and penetrability by the roots also depend on the characteristics of the porous system. In the pores, the edaphic biota inhabits and carry out important biotic transformations. It is considered that in soils with very low content of MOS, most of the call *labile humus* has been destroyed, while the most constant forms (the *stable humus* or *recalcitrant humus*) have been preserved. In those intervals a narrow lineal relationship exists between its content and the density of volume. It can be interpreted that, as the content of MOS increases its capacity, soil agglutinating particles also increase (Ortega *et al.*, 2002; Moghimi *et al.*, 2012).

Wright & Upadhyaya (1998) and Rivera *et al.* (2003) a opened a new field of investigation when discovered the paper of Glomalin, a protein product of the activity of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (HMA), regarding the formation of aggregates in the soils. Glomalin, root exudates and bacterial mucilage seem to be, in that order, the main forming agents of aggregates with higher agronomic value.

Besides, those compounds are an important source of energy for soil microorganisms and, therefore, of the whole trophic chain. That means that they are consumed with enough speed, that their presence in the soil is due to a dynamic balance between its formation and disappearance. The dynamism of the MOS labile fraction generates cycles with phases of accumulation, when the arrival of fresh organic material to the soil is magnified and destruction phases, when the entrance of fresh material is minimized or when the soil is perturbed by natural events or by the anthropic action, especially the farming (Orellana *et al.*, 2008; León & Ravelo, 2010).

factible, económicamente viable, socialmente justificable y no contamine el ambiente, ni dañe los ecosistemas naturales.

En Cuba la explotación de los suelos Ferralíticos Rojos se desarrolla de forma intensiva, para garantizar la alimentación de un número importantes de personas, siendo esto más notable en las áreas de suelos Ferralíticos próximos a la capital del país, La Habana. Calzadilla (2016). En estos suelos se siembran en forma intensiva cultivos varios, caña de azúcar pastos, plátanos entre otros. La acumulación de materia orgánica y su preservación en forma de carbono, en estos suelos no es uniforme y está en dependencia del tipo de cultivar y las labores fitotécnicas que se apliquen. Cada sistema de explotación agrícola afecta las propiedades físicas, físico-químicas y químicas con diferente grado de intensidad; donde la mitigación de las propiedades adversas va estar determinada en alto grado por la captura del carbono que se haga en los suelos. Macías, *et al* (2018).

La “densidad” de volumen del suelo, con rareza supera 1.3 Mg m^{-3} y puede, en los horizontes superficiales, ricos en materia orgánica del suelo (MOS), ser incluso menor de 1 Mg m^{-3} . Esto se debe al acomodamiento u ordenación de las partículas que deja espacios vacíos entre ellas, así como a la existencia de conductos y estructuras de origen biológico.

La capacidad de retención de agua accesible para las plantas depende del volumen y tipo de poros que constituyen ese espacio “vacío”. La permeabilidad y la penetrabilidad del suelo por las raíces también dependen de las características del sistema poroso. En los poros habita la biota edáfica y en ellos realizan importantes transformaciones bióticas.

Se estima que en los suelos con muy bajo contenido de MOS, se ha destruido la mayor parte del llamado *humus lábil*. Mientras que se han conservado sólo las formas más constantes: el *humus estable* o *humus recalcitrante*. En esos intervalos existe una estrecha relación lineal entre su contenido y la densidad de volumen. Se puede interpretar que a medida que aumenta el contenido de MOS se incrementa su capacidad de aglutinar partículas del suelo. Ortega (2002), Moghimi, *et al* (2012).

Wright y Upadhyaya (1998) y Rivera, *et al* (2003) abrieron un campo nuevo de investigación al descubrir el papel de una proteína, la Glomalina, producto de la actividad de los Hongos Micorrízicos Arbusculares (HMA), respecto a la formación de agregados en los suelos. Glomalina, exudados radicales y mucílagos bacterianos parecen ser en ese orden los principales agentes formadores de agregados agrónomicamente más valiosos.

A su vez, esos compuestos son una importante fuente energética para los microorganismos del suelo y por tanto de toda la cadena trófica. Eso significa que son consumidos con bastante rapidez, que su presencia en el suelo se debe a un equilibrio dinámico, entre su formación y desaparición. El dinamismo de la fracción lábil de la MOS, genera ciclos, con fases de acumulación, cuando la llegada de material orgánico fresco, al suelo se magnifica y fases de destrucción cuando se minimiza la entrada de material fresco o cuando el suelo es perturbado por eventos naturales o por la acción antrópica, en especial la labranza. Orellana (2008), León y Ravelo (2005).

El objetivo de este trabajo es, valorar las propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados sometidos a diferentes sistemas de cultivos, durante un determinado tiempo, siendo los cultivos valorados, caña de azúcar (*Saccharum officinarum*

The objective of this work was to value the properties of Lixiviated Red Ferrallitic soils subjected to different systems of cultivations, during certain time. The valued crops were sugarcane (*Saccharum officinarum* L.), several cultivations like potato (*Solanum tuberosum* L), corn (*Zea mays* L) and sweet potato (*Ipomoea batata* Lam), medicinal plants like Torongil (*Melissa officinalis* L.) Caña Santa (*Costus spicatus* Jacq). Also non-farming conditions were valued.

MATERIALS AND METHODS

For the realization of this work three areas were selected, dedicated to different cultivations. The first one, with an extension of 30 hectares of Lixiviated Red ferrallitic soils dedicated to intensive sugarcane cultivation, is located in "Hector Molina" Sugar Mill, San Nicolas de Bari, Municipality, between coordinates 329100-321800 north and 410700-415800 east, Mayabeque Province. In that area, three fields were chosen, a virgin field located in the central part of the area studied, not cultivated for more than a hundred years (A-1) and two fields (A-2 and A-3), cultivated of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) during 12 and 75 years, respectively.

The characteristics of each of these fields are the following:

- A-1 (virgin soil): This soil presents natural vegetation of Royal Palm (*Roystonea regia*), Algarrobo (*Samanea saman* Merr.), Ceiba (*Ceiba pentandra* Lin.), Mango (*Mangifera indica* L.) and Mamoncillo (*Melicocca bijuga* Lin). This field has not been cultivated, in the last hundred years.
- A-2 (soil cultivated during 12 years with sugarcane and previously with grasses). This field was sowed of sugarcane until the year 1967, and later on with grasses, without applications of fertilizers. Since 2005, it began to be cultivated intensively with sugarcane, variety J60-5 and works were carried out with tractors, the annual fertilization was follows:
 - In 2005 and 2008, formula 12-8-18 to reason of 376 kg ha⁻¹
 - In 2009 and 2010 formula 12-8-18 to reason of 596 kg ha⁻¹ and additional applications of nitrogen formula 46-0-0 to reason of 149 kg ha⁻¹
 - From 2011 to 2017, formula 10-5-14 to reason of 376 kg ha⁻¹ and nitrogen applications formula 46-0-0 to reason of 149 kg ha⁻¹
- A-3. Soil cultivated with sugarcane during 75 years: This field is sown with sugarcane since the beginning of XX century. The varieties sown in 1942 were Crystalline and POJ-2878, with 36 cuts without demolition. Later on, J-60-5 was sowed.

Fertilization and cultivation works were the same as in the previous field, with the difference that, in the first years of cultivation, fertilizers were not used.

In each of the fields selected for the investigation, 7 soil profiles were taken, distributed randomly. In each profile, a sampling with the following depths was performed; 0-10, 10-20; 20-40; 40-70; 70-100 and more than 100 cm.

- A-4. The study of the effect of the cultivation of medicinal plants in Lixiviated Red Ferrallitic soils was carried out in the Experimental Station "Delicias Chicas", in San Anto-

L.), cultivos varios: papa (*Solanum tuberosum* L), maíz (*Zea mays* L) y boniato (*Ipomea batata* Lam), plantas medicinales: Toronjil (*Melissa officinalis* L.) Caña Santa (*Costus spicatus* Jacq) y condiciones de no labranza.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este trabajo se seleccionaron tres áreas, dedicadas a diferentes cultivos, la primera con una extensión de 30 hectáreas de suelos Ferralíticos Rojos lixivados ubicada en el Central Héctor Molina en el municipio de San Nicolás de Bari, ubicada cartográficamente entre las coordenadas Norte 329100-321800 y Este 410700-415800 provincia Mayabeque, dedicado actualmente al cultivo intensivo de la caña de azúcar. En el mismo se escogieron tres campos, un campo virgen situado en la parte central del área estudiada, no cultivado por más de 100 años (A-1) y dos campos cultivados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.), (A-2 y A-3), durante 12 y 75 años respectivamente.

Las características de cada uno de estos campos son las siguientes:

- A1 (Suelo Virgen): Este suelo presenta una vegetación natural de Palma Real (*Roystonea regia*) (HBQ) O.F. Cook, Algarrobo (*Pithecellobium saman* [Jacq] Benth.), Ceiba (*Ceiba pentandra* Lin.), Mango (*Mangifera indica* L.), Mamoncillo, (*Melicocca bijuga* Lin). Este campo no ha sido cultivado, en los últimos 100 años.
- A2. (Suelo cultivado durante 12 años con caña de azúcar y anteriormente con pastos). Este campo estuvo sembrado de caña de azúcar hasta el año 1967, y posteriormente con pastos, sin aplicaciones de fertilizantes. A partir del año 2005 comenzó a cultivarse intensamente con caña de azúcar de la variedad J-60-5 realizándose las labores con tractores, la fertilización anual fue la siguiente:
 - En 2005 y 2008, fórmula 12-8-18 a razón de 376 kg ha⁻¹
 - En 2009 y 2010 fórmula 12-8-18 a razón de 596 kg ha⁻¹ y aplicaciones adicionales de nitrógeno de fórmula 46-0-0 a razón de 149 kg ha⁻¹
 - De 2011 a 2017, fórmula 10-5-14 a razón de 376 kg ha⁻¹ y aplicaciones de nitrógeno formula 46-0-0 a razón de 149 kg ha⁻¹
- A-3. Suelo cultivado con caña de azúcar durante 75 años: Este campo está sembrado con caña de azúcar desde principio del siglo XX. Las variedades utilizadas que se sembraban en el 1942 fueron la cristalina y la POJ-2878, realizándose hasta 36 cortes sin demolición, posteriormente se implanto la J-60-5. La fertilización y las labores de cultivo son las mismas que en el campo anterior, con la diferencia de que en los primeros años de cultivo no se empleó ningún tipo de abono.

En cada uno de los campos seleccionados para la investigación se tomaron siete perfiles de suelo., distribuidos aleatoriamente. Relazándose en cada perfil un muestreo con las siguientes profundidades; 0-10, 10-20, 20-40, 40-70, 70-100 y más de 100 cm.

- A-4. Para el estudio del efecto del cultivo de plantas medicinales, en suelos Ferralíticos Rojos lixivados se estudiaron en la Estación Experimental "Delicias Chicas" ubicada en el municipio

nio de los Baños Municipality, Artemisa Province. It was performed in the coordinates 3,42-3,40° north latitude and 3,45-3,47° west longitude, with an extension of 92,13 ha. This station has been dedicated to the cultivation of medicinal plants for more than 20 years, and there, 7 creeks from 0 to 100 cm of depth were carried out. In these cultivations mineral fertilizers were not used, only bovine manure was utilized to reason of 5 t ha⁻¹

- A-5. The study of the effect of the several cultivations in the Lixiviated Red Ferralitic soils was carried out in the Military Farm “Güines”, located between coordinates 38,6450-32,7900 north and 33,9020-33,0330 east, with an extension of 323.95 ha. In these soils, potato (*Solanum tuberosum* L), corn (*Zea mays* L. Merrill), sweet potato (*Ipomea sweet potato* Lam), bean (*Phaseolus vulgaris* L) and other crops have been cultivated without a pre-established rotation, during 18 years. Mineral fertilization was applied, in the potato crop to reason of a dose of 0.59 t ha⁻¹ of the formula 9-13-17 and of urea, 0.11 kg ha⁻¹ were applied in fractional form. The rest of the cultivations that were rotated were not fertilized and the residual nutrient that potato crop did not use was utilized.

RESULTS AND DISCUSSION

In the Lixiviated Red Ferralitic soils, the organic matter (MO) participates very actively in their fertility, in spite of their relative low content and it influences in the growth and development of the plants through varied mechanisms (Kononova, 1981; Ortega & Arcia, 1983).

Since the beginning of agriculture in Cuba, little conservationist practical measures have been applied, with adverse secondary effects like the decrease of organic carbon reservations of the soil and the deterioration of physical, chemical and biological fertilities. Such practices have gone from deforestation, white washed (applied, not with the spirit of amending the reaction of acid soils, but of accelerating humus decomposition for liberating nitrogen to nurture the plantations of coffee and sugarcane according Vigil & Ortega (2000), until the excess of tillage.

In Table 1, it is observed that in all the fields studied of Lixiviated Red Ferralitic soils, there is a content of clay superior to 70 % with a tendency to increase in depth, due to the lixiviation they suffer; what agrees with the approaches of Agafonov (1981), cited by Hernández *et al.* (2013).

When valuing the field T-1, without cultivating during 100 years, the dispersion factor varies from 14.38 (0 to 10 cm deep) up to 19.80 (70 to 100 cm deep), what is valued as patron profile, Hernández *et al.* (2013) as a reflex of the little influence of the anthropic activity in the area studied. In the fields A-2 and A-3, sowed of sugarcane during 12 and 75 years, respectively, the dispersion factor was increased in the surface to 32.14 and 46.46, respectively, what is classified as agrogenic profile. In the areas of medicinal plants, these cultivars are subjected to few cultural activities making that the dispersion factor is less than 20, valuing it as preserved profile Hernández *et al.* (2013).

de San Antonio de los Baños en la provincia Artemisa, en las coordenadas 3,42-3,40° de latitud norte y 3,45-3,47° de longitud oeste, teniendo una extensión de 92,13 ha. Esta estación lleva más de veinte años dedicados al cultivo de plantas medicinales, y en ella se realizaron 7 calas de 0 a 100 cm de profundidad. Es de significar que en estos cultivos no se utilizan fertilizantes minerales, solo estiércol vacuno a razón de 5 t ha⁻¹

- A-5. El estudio del efecto de los cultivos varios en los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados se llevaron a cabo en la Granja Militar Güines, ubicada entre las coordenadas 38,6450-32,7900 N y 33,9020-33,0330 W, posee una extensión de 323,95 hectáreas. En estos suelos se cultiva papa (*Solanum tuberosum* L), maíz (*Zea mays* L. Merrill). Boniato (*Ipomea batata* Lam), frijol (*Phaseolus vulgaris* L) y otros cultivos sin una rotación pre establecida, durante 18 años. Se aplica fertilización mineral, en el cultivo de la papa a razón de una dosis de 590 kg ha⁻¹ de la fórmula 9-13-17 y se aplica de urea, 0.11 kg ha⁻¹ en forma fraccionada. El resto de los cultivos que se rotan, no se fertilizan y se aprovecha el nutriente residual, que no utilizo el cultivo de la papa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados, la materia orgánica (MO) de los suelos participa muy activamente en la fertilidad de los mismos, a pesar de su relativo bajo contenido e influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas a través de variados mecanismos. Kononova (1981), Ortega (1983).

Desde el comienzo de la agricultura en Cuba, se han aplicado medidas prácticas, poco conservacionistas, con efectos secundarios adversos, entre los cuales podemos mencionar, la disminución de las reservas del carbono orgánico del suelo, deterioro de la fertilidad física, fertilidad química y biológica. Tales prácticas van desde la deforestación, la práctica del encalado, aplicado no con el ánimo de enmendar la reacción de los suelos ácidos, sino de acelerar la descomposición del humus con el objetivo de liberar nitrógeno para nutrir las plantaciones de café y caña de azúcar (Vigil y Ortega 2000), hasta el exceso de laboreo.

En la Tabla 1, se observa que en los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados, en todos los campos estudiados, poseen un contenido de arcilla superior al 70 % con una tendencia a aumentar en profundidad, debido a la lixiviación que estas sufren; lo que concuerda con los criterios de Agafonov (1981), citado por Hernández, *et al* (2014).

Al valorar el campo A-1, sin cultivar durante 100 años, el factor de dispersión varía de 14,38 (de 0 a 10 cm de profundidad) hasta 19,80 (de 70 a 100 cm), lo que se valora de perfil patrón, (Hernández, *et al* 2014), dando idea, de la poca influencia de las actividades antrópicas, en el área estudiada. En los campos A2 y A-3 sembrados de caña de azúcar durante 12 y 75 años respectivamente, se incrementó en la superficie, el factor de dispersión a 32,14 y 46,46, respectivamente, lo que se clasifica como perfil agrogénico, producto de la actividad antrópogenico en el cultivo. En las áreas de plantas medicinales, estos cultivos son sometidos a pocas actividades culturales haciendo que el factor de dispersión sea menos de 20 valorándose como perfil conservado. Hernández, *et al* (2014).

In the areas of several cultivations, where the phytotechnical activities are intense, for the establishment of the continuous cultivation, the value of the dispersion factor is bigger than 20, what demonstrates the peptization the soil structure suffers, being classified the profile like acrogenic, what agrees with the approaches by Hernández *et al.* (2013).

En las áreas de cultivos varios, donde las actividades fitotécnicas son intensas, para el establecimiento del cultivo continuado, el valor del factor de dispersión es mayor de 20 lo que demuestra la peptización que sufre la estructura del suelo, catalogándose el perfil como agrogénico, lo que concuerda con los criterios de Hernández., *et al* (2014).

TABLE 1. Mechanical composition and factor of dispersion of Lixivated Red Ferrallitic soils, cultivated with different crops
TABLA 1. Composición mecánica y factor de dispersión de suelos Ferralíticos Rojos lixiviados, cultivados con diferentes cultivos

Field	Depth in cm	% of the fractions in mm					Clay Added Micro <0,002	Factor of Dispersion
		2 - 0.2 Thick Sand	0,2 – 0,02 Fine Sand	0,02- 0,01 Thick Slime	0.01-0,002 Fine Slime	<0,002 Clay		
T-1 Without cultivating for 100 years	0-10	8,73	8.46	5,81	6,20	70,80	10,17	14.38
	10-20	8,43	9,38	2.61	5,82	73,76	11,52	15,61
	20-40	8,71	5,92	3.91	5,31	76,15	13,67	17,95
	40-70	7,56	6,87	3.30	3,53	78,74	15,56	19,76
	70-100	7,91	3,01	4.46	4,64	79,98	15,84	19,80
T-2 Sugarcane Cultivated for 12 years	0-10	9,98	2,08	5,26	10,41	72,27	23,23	32.14
	10-20	10,90	6,69	0.24	6,11	74,61	27,97	37,48
	20-40	9,56	3,80	3,35	6,01	75,19	25,28	33,62
	40-70	9,47	2,90	3,54	4,63	78,20	27,98	35,78
	70-100	9,58	1,21	4,72	3,18	80,01	25,68	32,10
T-3 Sugarcane cultivated for 75 years	0-10	10,66	7,50	3,20	6,12	72,52	33,70	46.46
	10-20	9,70	8,75	2,71	4,91	73,93	32,75	44,29
	20-40	9,83	6,00	1,94	3,47	78,76	31,65	40,18
	40-70	9,75	3,50	1,57	3,84	81,34	31,19	34,34
	70-100	9,20	1,87	1,04	1,95	85,94	33,30	38,75
T - 4 Medicinal plants cultivated for 20 years	0 – 10	10,29	7,52	2,99	6,00	70,20	12,55	17,88
	10 -20	9,96	6,16	2,13	6,00	75,75	13,29	17,54
	20 -40	8,00	4,52	1,99	4,75	80,74	16,20	20,06
	40 - 70	6,53	4,15	1,12	4,15	84,05	18,01	21,43
T - 5 Several crops cultivated for 18 years	0 – 10	10,0	2,0	14,0	4,0	70,0	19,63	28,04
	10 – 20	10,0	2,0	11,0	5,0	72,0	17,16	23,83
	20 – 49	9,0	3,0	2,0	6,0	80,0	13,16	16,45
	40 - 70	10,0	4,0	5,0	5,0	76,0	10,16	13,37

In Table 2, it is observed that, in the area without cultivation, the pH is neuter, and the hydrolytic acidity is 1.04, what is classified as low. In this field, calcium suffers an accumulation in an approximate surface of 8 776 kg ha⁻¹, due to the extraction and deposition that roots and vegetable remains make of the calcium coming from the calcareous rock that originate these soils; what coincides with the results published by WRB (2007) and Elberling *et al.* (2013).

In the fields T-2 and T-3, sowed with sugarcane, the pH and the hydrolytic acidity have the tendency to be acidified, due to the fertilizers of acid character that are used in the crop, what agrees with the approaches of Humbert (1965).

This acid effect of the mineral fertilizers contributed to that the interchangeable calcium was washed and diminished its content in surface, also facilitating that the relationship Ca / Mg approaches to the normality.

En la Tabla 2, se observa que el pH, en el área sin cultivar se valora de neutro, y una acidez hidrolítica de 1,04, lo que se cataloga como baja. En este campo, el calcio sufre una acumulación en superficie aproximada de 8 776 kg ha⁻¹, debido a la extracción y deposición que hacen las raíces y restos vegetales, del calcio proveniente de la roca caliza, formadora de estos suelos; lo que coincide con los resultados publicados WRB, (2007), Elberling., *et al* (2013).

En los campos A-2 y A-3, sembrados de caña de azúcar, el pH y la acidez hidrolítica tiende acidificarse, debido a los fertilizantes de carácter ácido que se emplean en el cultivar, lo que concuerda con los criterios de Humbert, (1965).

Este efecto ácido, de los fertilizantes minerales ha contribuido a que el calcio intercambiable sea lavado y disminuya su contenido en superficie, posibilitando además que la relación Ca/Mg se aproxime a la normalidad.

TABLE 2 Behavior of the physical-chemical properties of the Lixiviated Red ferralitic soils cultivated with different crops
TABLA 2. Comportamiento de las propiedades físico química de suelos Ferralíticos Rojos lixiviados, cultivados con diferentes cultivos

Field	Depth cm	pH		Hydrolitic Acidity	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CCB	Ca+2 Mg+2
		H ₂ O	KCl							
cmolc kg ⁻¹										
100 years without cultivating	0-10	6,9	6,0	1,04	21,94	1,34	0,55	0,05	23,88	16,37
	10-20	6,8	6,0	1,30	18,84	1,38	0,28	0,07	20,57	13,65
	20-40	6,7	6,0	1,15	16,68	1,62	0,21	0,11	18,62	10,29
	40-70	6,8	6,1	1,05	12,64	1,14	0,15	0,12	14,05	11,09
	70-100	6,9	6,3	0,80	13,82	1,34	0,35	0,11	15,62	10,31
T-2 Sugarcane cultivated for 12 years	0-10	5,5	4,6	3,80	12,85	1,65	0,26	trazas	14,76	7,79
	10-20	5,7	4,6	2,80	12,58	1,62	0,08	trazas	14,28	7,76
	20-40	5,8	5,0	1,70	11,96	1,84	0,05	trazas	13,05	6,50
	40-70	6,1	5,3	1,00	12,42	1,24	0,05	trazas	13,71	10,02
	70100	6,4	5,4	0,99	12,82	1,84	—	trazas.	14,68	6,97
T-3 Sugarcane cultivated for 75 years	0-10	4,9	3,9	5,50	10,40	1,50	0,12	trazas	12,02	6,90
	10-20	4,9	4,0	4,30	10,60	1,52	0,10	trazas	12,22	6,93
	20-40	5,3	4,3	2,90	10,62	1,56	0,12	trazas	12,28	6,81
	40-70	5,4	4,5	1,20	10,56	1,60	0,08	trazas	12,24	6,60
T - 4 Medicinal plants cultivated for 8 years	70100	6,1	5,5	1,10	10,80	1,76	—	trazas	15,56	6,14
					10,93	2,20	0,08	0,05	13,26	4,97
	0-10	6,9	5,9	1,72	9,59	0,70	0,58	0,05	10,92	13,70
10 years with watering	10-20	7,0	6,0	1,08	7,31	1,00	0,39	-	8,70	7,41
	20-40	7,0	6,0	0,06	6,74	0,93	0,17	-	7,84	7,24
	40-70	7,2	6,2	0,73	7,53	0,97	0,10	0,05	8,60	7,76
To - 5 Several crops cultivated for 10 years with	0-10	7,4	5,7	-	15,0	10,5	0,61	0,10	26,21	1,43
	10-20	7,1	5,8	-	9,31	5,2	0,44	0,07	15,02	1,79
	20-40	7,2	6,3	-	9,17	3,9	0,32	0,03	13,42	2,35
	40-70	7,6	6,6	-	7,52	2,1	0,08	0,01	9,71	3,58
	70-100	7,6	6,8		6,61	1,3	0,04	0,01	8,06	5,08

When valuing the capacity of exchanging bases, in the field without cultivating, it was found that, from 0 to 20 cm of depth, it surpasses the 20 cmol kg⁻¹, what is valued of high, due to the extraction and deposition of bases that the natural vegetation makes, while in the soils cultivated of sugarcane, the extraction and export made of the interchangeable bases with the crop, allow that the CCB is inferior to 15 cmol kg⁻¹ what is valued of medium, aspect that agrees with the approaches of Kölln *et al.* (2013) In the field T-4 cultivated with medicinal plants, the CCB is inferior to 10.92 cmol kg⁻¹ in surface and it diminishes with depth, due to the strong extraction of bases and nutrients that makes this type of plant, for the production of essential oils, what agrees with Jacob & Uexkull (1967).

The areas dedicated to several cultivations present a content of calcium and magnesium of 15 and 10.5 cmol kg⁻¹, superior to the fields sowed of sugarcane and medicinal plants because the watering waters used possess a high concentration of salts (Table 3).

This high content of bases in the watering waters is due to the intensity of the carsism in calcareous rocks which originate to the floors Red Ferralitic, product of the increment of the CO₂ like consequence of the climatic change what agrees with the approaches from Hernández *et al.* (2013) and Herrera (2018).

Al valorar la capacidad de intercambio de bases, en el campo sin cultivar. Se encontró que de 0 a 20 cm de profundidad supera los 20 cmol kg⁻¹ lo que se valora de alto, debido a la extracción y deposición de bases que hace la vegetación natural, mientras que los suelos cultivados de caña de azúcar, la extracción y exportación que se hace, de las bases intercambiables, con el cultivar, conllevan a que la CCB sea inferior a 15 cmol kg⁻¹ lo que se valora de medio, aspecto que concuerda con los criterios de Kölln (2013). En el campo A-4 cultivado con plantas medicinales, la CCB resulta inferior a 10,92 cmol kg⁻¹ en superficie y disminuye en profundidad, debido a la fuerte extracción de bases y nutrientes que hace este tipo de planta, para la producción de aceites esenciales, lo que concuerda con los criterios de (Jacob y Uexküll 1967).

Las áreas dedicadas a cultivos varios, presentan un contenido de calcio y magnesio de 15 y 10.5 cmol kg⁻¹ superior a los campos sembrados de caña de azúcar y plantas medicinales, esto se debe a que las aguas de riego utilizadas poseen una alta concentración de sales (Tabla 3).

Este alto contenido de bases, en las aguas de riego se debe a la intensidad del carsismo que sufre las rocas calizas, que dan origen a los suelos Ferralíticos Rojos, producto del incremento del CO₂ como consecuencia del cambio climático lo que concuerda con los criterios de Hernández., *et al* (2014) y Herrera., *et al* (2018)

TABLE 3. Analysis of the watering waters in two periods of the year, from 2007 at the 2017
TABLA 3. Análisis de las aguas de riego en dos periodos del año, desde 2007 al 2017

Date	pH	CE μS cm ⁻¹	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺
25-abr-07	7.15	750	6.47	0.84	0.48	5.77	1.25	1.00	0.01
25-oct-07	7.10	660	2.79	0.34	0.36	2.56	0.24	0.02	0.04
25-abr-08	7.43	590	4.87	0.02	1.18	3.74	0.82	-	--
25-oct-08	7.19	520	4.79	0.07	0.50	2.32	0.16		--
25-abr-09	7.47	515	5.19	0.13	0.59	4.99	0.49	0.39	0.01
25-oct-09	7.40	476	4.44	0.17	0.59	4.79	0.41	0.35	0.01
25-abr-10	7.50	547	5.19	0.32	0.62	5.09	0.58	0.52	0.02
25-oct-10	7.30	546	2.60	0.15	0.51	2.59	0.25	0.39	0.03
25-abr-11	7.53	570	5.04	0.26	0.54	4.99	0.41	0.48	0.01
25-oct-11	7.29	534	4.80	0.09	0.54	4.79	0.41	0.39	0.02
25-abr-12	7.53	608	5.24	0.26	0.56	5.14	1.32	0.43	0.01
25-oct-12	7.40	585	5.24	0.23	0.54	4.34	0.49	0.39	0.02
25-abr-13	7.68	543	5.09	0.26	0.70	5.34	0.82	0.43	0.02
25-oct-13	7.49	534	3.91	0.19	0.59	3.79	0.16	0.39	0.01
25-abr-14	7.39	558	4.19	0.21	0.56	5.29	0.25	0.39	0.02
25-oct-14	7.36	543	4.10	0.17	0.56	4.19	0.16	0.39	0.02
25-abr-15	7.90	537	4.10		--	5.09	0.16	0.39	--
25-oct-15	7.71	515	2.80	0.51	0.51	3.39	0.16	0.30	0.02
25-abr-16	7.82	621	5.80	0.40	0.59	5.5	0.49	0.74	0.03
25-oct-16	7.12	611	5.39	0.34	0.51	4.49	0.41	0.35	0.02
20-abr-17	7.36	585	5.20	0.23	0.70	5.33	0.41	0.35	0.01

When underground water enriched in HCO₃ passes through the rocks, it dissolves the bases which enrich it and, when it is applied to the cultivations, through the watering, the content of bases in the soils also increases and makes the pH superior to 7. It can be observed that, cations and anions content is superior at the end of the less humid period, affecting fundamentally to potato and tobacco cultivations (Herrera, 2018; Ricote, 2018).

In Table 4, it was found that Field A-1, on the surface, the content of organic matter is 5.35% due to the contribution that is made of organic waste, through 100 years by perennial plants (Ponce de León, 2002).

If we assess the organic carbon reserve in Profile A-1, from 0 to 30 cm deep, it is 48.38 Mg ha⁻¹, according to González et al. (2014) is classified as Alto, which provides the soil with a better structure and a greater cation exchange capacity (Espinoza, 2004).

In fields A-2 and A-3 (Table 4) planted with sugar cane (*Saccharum officinarum* L.) for 12 and 75 years respectively,

Al pasar las aguas subterráneas enriquecidas en HCO₃, por entre las rocas, disuelven las bases, se enriquecen en estas y al aplicarse a los cultivos, a través del riego, aumenta el contenido de bases de los suelos y hacen que el pH de estos suelos sea superior a 7. Se puede observar que el contenido de cationes y aniones es superior, al final del período menos húmedo, afectando fundamentalmente a los cultivos de papa y tabaco. Herrera., *et al* (2018), Ricote, (2018).

En la Tabla 4, se encontró que el Campo A-1, en superficie el contenido de materia orgánica es de 5,35 % debido al aporte que se hace de residuos orgánicos, a través de 100 años por las plantas perennes.

Si valoramos la reserva de carbono orgánico en el Perfil A-1, de 0 a 30 cm de profundidad, es de 48,38 Mg ha⁻¹, de acuerdo a Freddy., *et al* (2014) se cataloga de Alto, lo que proporciona al suelo una mejor estructura y una mayor capacidad de intercambio catiónico, Espinoza, (2004).

En los campos A-2 y A-3 (Tabla 4) sembrados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) durante 12 y 75 años respectivamente,

and where burning is not practiced, there has been an accumulation of organic matter from 0 to 10 cm of 4.44 and 4.41%, which is valued from high (Molina & Meléndez, 2002; Martín & Martín, 2018). This grass is of the C-4 type, which makes a high contribution of dry matter to the soil. This has protected the crop from the detrimental effect of weed plants and the retention of moisture by reducing evaporation. In depth, the organic content is classified as high, due to the contribution of the grass root system, which coincides with the criteria of Chopart *et al.* (2010).

The COS reserve in Mg ha⁻¹ for both fields is (A-2 = 61.37 and A-3 = 64.6) at the depth of 0 to 30 cm, they are estimated as very high, according to González *et al.* (2014).

Field A-4 is planted with medicinal plants, mainly Caña Santa (*Costus spicatus* Jacq) and Toronjil (*Melissa officinalis* L.), to obtain essential oils for medicinal use and perfumery.

These cultivars are mainly used on the leaves, but the roots have a content of essential oils, incorporating a high content of organic matter, in depth, distributed in isohumic form up to one meter deep, which has allowed a carbon capture of 0 to 30 cm of 89.3 Mg ha⁻¹ which is valued as extremely high according to González *et al.* (2014). It should be noted that the soil has a low cation exchange capacity due to the extraction made by the crop in the formation of essential oils, an aspect that has not been much studied (Jacob y Uexkull, 1967).

In field A-5 where different short-cycle cultivars are planted such as potato (*Solanum tuberosum* L), corn (*Zea mays* L. Merrill), sweet potato (*Ipomea batata* Lam.), Pumpkin (*Cucurbita moschata* Duch) and others, the leached Red Ferralitic soils are prepared for sowing on several occasions, intensively, applying various tasks, promoting the oxidation-mineralization of organic matter (León y Ravelo, 2010).

In Table 4, it can also be observed that in this field A-5, from 0 to 10 cm deep, the content of organic matter is 1.66, which is valued as low Martín & Martín (2018) and its depth distribution is not isohumic. All this conditions that at a depth of 30 to 50 cm a plow soil is formed where the volume density is 2.25 kg dm⁻³, which is valued as compact. Martín & Martín (2018), preventing the drainage of the soil and the penetration of the root system of the plant. It should also be noted that the accumulation of carbon from 0 to 30 cm is 27 Mg ha⁻¹, which is valued as very low González *et al.* (2014).

y donde no se practica la quema, ha producido una acumulación de materia orgánica de 0 a 10 cm de 4,44 y 4,41 %, lo que se valora de Alto. Martín y Martín, (2018). Esta gramínea es del tipo C-4 lo que hace un aporte de materia seca elevado al suelo. Esto ha protegido al cultivo, del efecto perjudicial de las plantas arvenses y la retención de la humedad al disminuir la evaporación. En profundidad el contenido orgánico se cataloga de alto, debido al aporte del sistema radical de la gramínea, lo que coincide con los criterios de Chopart., *et al* (2010).

La reserva de COS en Mg ha⁻¹ para ambos campos es de (A-2=61,37 y A-3=64,6) a la profundidad de 0 a 30 cm, se estiman como muy altos, según Freddy., *et al* (2014), lo que ha permitido obtener rendimientos superiores a la 70 t ha⁻¹ en condiciones de secano y a su vez se han realizado hasta 15 cortes sin tener que sembrar la plantación, lo que redundo en un ahorro económico sustancial.

El campo A-4 está sembrado de plantas medicinales, fundamentalmente Caña Santa (*Costus spicatus* Jacq) y Toronjil (*Melissa officinalis* L.), para la obtención de aceites esenciales como uso medicinal y perfumería.

Estos cultivares se utilizan fundamentalmente las hojas, pero las raíces poseen un contenido de aceites esenciales, incorporando un elevado contenido de materia orgánica, en profundidad, distribuido en forma isohumica hasta un metro de profundidad, lo que ha permitido una captura de carbón de 0 a 30 cm de 89,3 Mg ha⁻¹ lo que se valora de extremadamente alto según Freddy., *et al* (2014). Es de señalar que el suelo posee una baja capacidad de intercambio catiónico por la extracción que hace el cultivo en la formación de los aceites esenciales, aspecto que no ha sido muy estudiado. (Jacob y Uexküll, 1967).

En el campo A-5 donde se siembran diferentes cultivares, de ciclo corto como son papa (*Solanum tuberosum* L), maíz (*Zea mays* L. Merrill), boniato (*Ipomea batata* Lam.), calabaza (*Cucurbita moschata* Duch) y otros, los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados se preparan para la siembra en varias ocasiones, en forma intensiva, aplicándose varias labores, propiciando la oxidación- mineralización de la materia orgánica, León y Ravelo (2005).

En la Tabla 4, se puede observar, además que en este campo A-5, de 0 a 10 cm de profundidad el contenido de materia orgánica es de 1,66 lo que se valora de bajo, Martín y Martín, (2018) y su distribución en profundidad no es isohumica. Todo esto condiciona que a la profundidad de 30 a 50 cm se forme un piso de arado donde la densidad de volumen es de 2,25 kg dm⁻³ lo que se valora de compacto. Martín y Martín, (2018), impidiendo el drenaje del suelo y la penetración del sistema radical de la planta. También es de señalar que la acumulación de carbono de 0 a 30 cm es de 27 Mg ha⁻¹ lo que se valora de muy bajo, Freddy., *et al* (2018).

TABLE 4. Carbon content and stocks
TABLA 4. Contenido y reservas del carbono

Field	Depth, cm.	MO.	C	Dv kg dm ⁻³	C reserves Mg ha ⁻¹	C reserves Mg ha ⁻¹
		%				0 – 20 cm
A-1	0-10	5,35	3,07	0,82	25,4	
Forest	10-20	2,90	1,68	0,93	15,6	42,24
100 years	20-40	1,82	1,05	1,12	23,5	High
uncultivated	40-70	0,49	0,28	1,13	9,5	
	70-100	0,21	0,12	1,10	4,0	

Field	Depth, cm.	MO. %	C	Dv kg dm ³	C reserves Mg ha-1	C reserves Mg ha-1 0 – 20 cm
A-2						
Cultivated sugar cane 12 years	0-10	4,44	2,5	1,05	27,0	
	10-20	3,23	1,9	1,07	20,3	47,06
	20-40	2,33	1,4	1,22	34,2	High
	40-70	1,22	0,7	1,18	24,8	
	70-100	0,96	0,6	1,16	21,2	
A-3						
Cultivated sugar cane 75 years	0-10	4,41	2,6	1,19	30,4	
	10-20	3,29	1,9	1,17	22,2	64,62
	20-40	2,36	1,3	1,25	33,5	Very high
	40-70	0,98	0,6	1,18	23,0	
	70-100	0,22	0,1	1,22	3,7	
A - 4						
	0 – 10	4,29	2,5	1,19	89,3	
	10 -20	2,40	1,4	1,25	52,5	47,34
	20 -40	1,63	0,9	1,30	46,8	High
	40-70	1,00	0,6	1,33	16,0	
Medicinal Plants						
	0– 10	1,66	1,0	1,10	16,5	
	10– 20	0,95	0,6	1,17	10,5	17,10
	20– 40	0,23	0,1	1,25	2,5	Very low
	40- 70	0,120,09	0,1	1,13	3,4	
	70-100		0,1	1,15	3,5	

In Figure 1, the discontinuity of the content of organic matter is appreciated in depth, because the contribution of the radical system of these perennial plants is smaller. However, where herbaceous vegetation prevails there was an isohumic distribution of the organic residuals, contributed by the root system of the plants (Ponce de León, 2002).

En el gráfico de la Figura 1 se aprecia la discontinuidad del contenido de materia orgánica en profundidad, (Campo A-1) debido a que el sistema radical de estas plantas perennes, su aporte es menor; sin embargo donde predomina la vegetación herbácea hay una distribución isohumica de los residuos orgánicos, aportados por el sistema radicular de las plantas (Ponce de León, 2002).

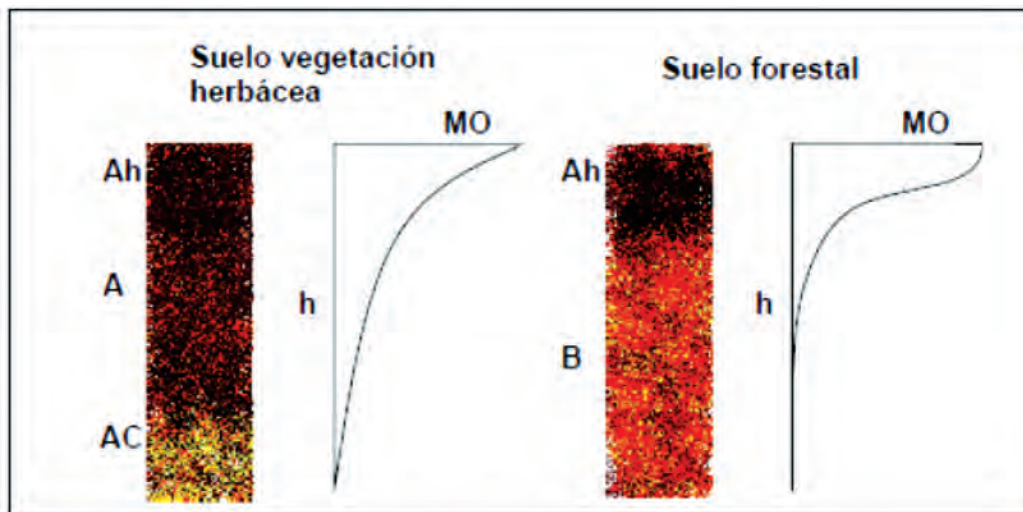


FIGURE 1. Models of distribution of organic matter (MO) in the soil with the depth (h) according to the type of vegetation. Source: Ponce de León (2002)
 FIGURA 1. Modelos de distribución de la materia orgánica (MO) en el suelo con la profundidad (h) de acuerdo al tipo de vegetación.

CONCLUSIONS

- The diversity of crops sown in the Lixiviated Red Ferralitic soils and the methodologies used for that, make the accumulation of organic matter and the reservations of carbon

CONCLUSIONES

- La diversidad de cultivos que se siembran en los suelos Ferralíticos Rojos lixiviados y las metodologías empleadas para ello, hacen que la acumulación de materia orgánica y las reservas de carbono

in these soils varied, which influences in the soil properties and in the yield of the cultivations.

- The capacity of change of bases (CCB) diminishes in the fields sowed with sugarcane and medicinal plants compared to the area without cultivating, while in areas with several crops, it is superior due to the fertilizers applied and to the quality of the watering waters enriched with calcium produced by the intense carism.
- The quality of the watering water has varied due to the increase of its content of anions and cations, which varied the pH of the Lixiviaded Red Ferralitic soils, dedicated fundamentally to the cultivation of potato (*Solanum tuberosum* L) and sweet potato (*Ipomoea sweet potato* Lin.)-

AUTHOR CONTRIBUTIONS:

Conceptualization: N. Martín. Data curation: N. Martín, V. Llanes . Formal analysis: N. Martín, G. Martín. Investigation: N. Martín. Methodology: N. Martín. Supervision: G. Martín. Roles/Writing, original draft: N. Martín, V. Llanes Writing, review & editing: E. Frometa.

REFERENCES

- CALZADILLA, C.M.: "Reporte sobre suelos en cultivos varios", *Granma*, primera ed., p. 1, La Habana, Cuba, 2 de noviembre de 2016, ISSN: 0864-0424, Disponible en: internet@granma.cu.
- CHOPART, J.; AZEVEDO, M.; LE MEZO, L.; MARION, D.: "Sugarcane root system depth in three different countries", *Int. Soc. Sugar Cane Technol*, 27: 1-8, 2010.
- ELBERLING, B.; BREUNING, M.H.; KNICKER, H.: "Carbon sequestration in iron-nodules in moist semi-deciduous tropical forest soil", *Geoderma*, 200: 202-207, 2013, ISSN: 0016-7061.
- ESPINOZA, Y.: "Calidad de la materia orgánica bajo diferentes prácticas de manejo en un suelo ácido tropical.", *Revista de la Facultad de Agronomía (LUZ)*, 21(2): 126-141, 2004, ISSN: 0378-7818.
- GONZÁLEZ, M.L.; ACOSTA, M.M.; CARRILLO, A.F.; BÁEZ, P.A.; GONZÁLEZ, C.J.M.: "Cambios de carbono orgánico del suelo bajo escenarios de cambio de uso de suelo en México", *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 5(7): 1275-1285, 2014, ISSN: 2007-0934.
- HERNÁNDEZ, J.A.; CABRERA, R.A.; BORGES, B.Y.; VARGAS, B.D.; BERNAL, F.A.; MORALES, D.M.; ASCANIO, G.M.O.: "Degradación de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados y sus indicadores de la Llanura Roja de La Habana", *Cultivos Tropicales*, 34(3): 45-51, 2013, ISSN: 0258-5936.
- HERRERA, L.: *Cambios de algunas propiedades de los suelos Ferralíticos Rojos lixivados dedicados al cultivo de la papa (Solanum tuberosum L.)*, Universidad Agraria de La Habana "Fructuoso Rodríguez Pérez", Facultad de Agronomía, Departamento de Suelo y Agua, Trabajo de Diploma en opción al Título de Ingeniero Agrónomo, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 2018.
- HUMBERT, R.P.: *El cultivo de la caña de azúcar*, Ed. Continental México, Ediciones Universitarias ed., México, 787 p., 1965.
- JACOB, A.; UEXKULL, H.V.: *Fertilización: Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales*, Ed. Editorial Revolucionaria, EUROAMERICANAS, ed., La Habana, Cuba, 207 p., 1967.
- KÖLLN, O.; GAVA, G.; CANTARELLA, H.; FRANCO, H.; RHEIN, A.; TRIVELIN, P.: "Macronutrient accumulation and export in sugarcane as affected by N rate under subsurface drip irrigation.", En: *International Society of Sugar Cane Technologists: Proceedings of the XXVIIIth Congress, June 24 to June 27, 2013, São Paulo, Brazil*, Ed. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil (STAB) & The ..., São Paulo, Brazil, pp. 72-73, 2013, ISBN: 0-949678-27-9.
- KONONOVA, M.M.: *Soil organic matter, its nature, its role in soil formation and in soil fertility.*, Ed. Pergamon Press, New York, USA, 450 p., publisher: Pergamon press, 1981.
- LEÓN, N.P.; RAVELO, O.R.: *Fitotecnia general: aplicada a las condiciones tropicales*, Ed. Editorial Pueblo y Educación, primera ed., La Habana, Cuba, 99-137 p., 2010, ISBN: 959-07-1522-2.

que producen en estos suelos, sea variada, influyendo esto en las propiedades de los suelos y en el rendimiento de los cultivos.

- La capacidad de cambio de bases (CCB) disminuye, en los campos sembrados de caña de azúcar, y plantas medicinales en comparación con el área sin cultivar, mientras que donde se siembra cultivos varios es superior debido a los fertilizantes que se aplican y la calidad de las aguas de riego, enriquecidas en calcio por la intensidad del carismo.
- La calidad del agua de riego ha incrementado su contenido de aniones y cationes, variando el pH de los suelos Ferralíticos Rojos lixivados, dedicados fundamentalmente al cultivo de la papa (*Solanum tuberosum* L) y boniato (*Ipomoea batata* Lin.)-

AUTHOR CONTRIBUTIONS:

Conceptualization: N. Martín. Data curation: N. Martín, V. Llanes . Formal analysis: N. Martín, G. Martín. Investigation: N. Martín. Methodology: N. Martín. Supervision: G. Martín. Roles/Writing, original draft: N. Martín, V. Llanes Writing, review & editing: E. Frometa.

- MARTÍN, N.; MARTÍN, G.: *Tablas de interpretación de análisis de suelos*, Inst. Universidad Agraria de La Habana, Publicación UNAH, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 2018.
- MESÍAS, G.F.W.; HERNÁNDEZ, J.A.; MACÍAS, V.L.R.; GUZMÁN, C.Á.M.; CEDEÑO, S.Á.F.; ORMAZA, C.K.P.; LÓPEZ, A.G.A.: “Reservas de carbono orgánico en suelos de la llanura fluvial Calceta-Tosagua, Manabí, Ecuador”, *Cultivos Tropicales*, 39(4): 27-33, 2018, ISSN: 0258-5936.
- MOGHIMI, A.; HAMDAN, J.; SHAMSHUDDIN, J.; SAMSURI, A.; ABTAHI, A.: “Mineralogy and aggregate stability of soils in the arid region of Southeastern Iran”, *African Journal of Agricultural Research*, 7(11): 1639-1649, 2012, ISSN: 1991-637X.
- MOLINA, E.; MELÉNDEZ, G.: *Tabla de interpretación de análisis de suelos*, Inst. Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación Agronómicas. San José, San José, Costa Rica, 2002.
- ORELLANA, G.; ORTEGA, F.; MORENO, A.: “Fracción orgánica ligera del suelo como indicador agroecológico”, *Revista de Agricultura Orgánica*, 2: 40-41, 2008.
- ORTEGA, F.; ARCIA, M.: “Determination of the rains in Cuba during the glaciation of the Wisconsin, by means of the relictos edáficos”, *Ciencia Tierra and Space*, 4: 85-104, 1983.
- ORTEGA, F.; PONCE DE LEÓN, D.; HERNÁNDEZ, G.: *Las reservas de carbono orgánico de los suelos minerales de Cuba. Aporte metodológico al cálculo y generalización espacial*, Inst. Instituto de Antropología, La Habana, Cuba, Publisher: UNAH, 2002.
- PONCE DE LEÓN, D.: *Los suelos minerales de Cuba, aporte metodológico al cálculo y generalización espacial*, Universidad Agraria de La Habana. Facultad de Agronomía. Dpto. Riego Drenaje y Ciencias del Suelo, Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba, 122 p., 2002.
- RICOTE, O.J.: *Mejora de la calidad comercial del tabaco (Nicotiana tabacum, L.) ‘Criollo-98’ mediante enmienda con turba ácida*, Instituto de Investigaciones Fundamentales en Agricultura Tropical “Alejandro de Humboldt”, Tesis en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, La Habana, Cuba, 2018.
- RIVERA, R.; FERNÁNDEZ, F.; HERNÁNDEZ, A.; MARTIN, J.; FERNÁNDEZ, K.: “El manejo eficiente de la simbiosis micorrízica, una vía hacia la agricultura sostenible Estudio de caso: El Caribe”, *Ediciones INCA*, 2003.
- VIGIL, O.; ORTEGA, A.: “Papel de las causas naturales en la decadencia de la industria cafetalera en Cuba”, En: *Antropología 2000*, La Habana, Cuba, 2000.
- WRB: *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional*, WRB, pp. 91., 2007.
- WRIGHT, S.F.; UPADHYAYA, A.: “A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi”, *Plant and soil*, 198(1): 97-107, 1998, ISSN: 1573-5036.

Nelson J. Martín Alonso., Profesor Titular, Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Provincia Mayabeque, Cuba, e-mail: nelsonm@unah.edu.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0001-8542-1338>

Violeta Llanes Hernández, Profesora Auxiliar, Universidad Agraria de La Habana “Fructuoso Rodríguez Pérez” Autopista Nacional y Carretera de Tapaste, San José de las Lajas, Provincia Mayabeque, Cuba, e-mail: violeta@unah.edu.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2376-8448>

Gloria Marta Martín Alonso, Investigadora Titular, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Carretera San José de las Lajas-Tapaste, km 3 1/2 San José de las Lajas, Provincia Mayabeque, Cuba, Código Postal CP 727000, e-mail: gloriam@inca.edu.cu ORCID iD: <https://orcid.org/0000-002-4298-9027>

Enrique Frometa Milanés Ing. Agrónomo Enrique Doctor en Ciencias Agrícolas. Año 1982- Profesor Auxiliar. Recién fallecido

The authors of this work declare no conflict of interests.

This item is under license Reconocimiento-NoComercial de Creative Commons 4.0 Internacional (CC BY-NC 4.0).

The mention of trademarks of specific equipment, instruments or materials is for identification purposes, there being no promotional commitment in relation to them, neither by the authors nor by the publisher.