

# EFECTO DE *Canavalia ensiformis* (L). EN PROPIEDADES FÍSICAS DE UN SUELO FLUVISOL DIFERENCIADO EN SANTIAGO DE CUBA

## Effect of *Canavalia ensiformis* (L.) on physical properties of differentiated Fluvisol soil in Santiago de Cuba

Osmara Renté Martí<sup>1✉</sup>, María C. Nápoles García<sup>2</sup>,  
Pablo Pablos Reyes<sup>3</sup> y Belyani Vargas Batis<sup>1</sup>

**ABSTRACT.** Soil is one of the most important natural resources for life. Food production depends on a percentage of use of this resource, which is continuously degraded as result of an incorrect handling and exploitation. *Canavalia ensiformis* is among the plants most used as green manure. In order to evaluate the effect of different ways of this legume on the fertility of a Differentiated Fluvisol soil, the research was carried out at (UBPC, Basic Unit of Cooperative Production) at Huerto Santiago 2, at Santiago de Cuba municipality. The experiment was planted in June 2014 and 2015 with a planting distance of 0,75 m between rows and 0,25 m between plants. A design of blocks was used at random, with four treatments and four replicas: an absolute control that represented the natural fertility of the soil; a treatment where the canavalia was established until 80 days, was cut and left the biomass on the ground; another where the canavalia at 80 days was cut and incorporated the biomass to the soil; and other where the legume remained standing on the ground. The apparent density, porosity and soil hygroscopic moisture were analyzed as well as the quality through the visual evaluation method. The results evidenced a positive effect of the different treatments in the physical evaluated properties and the quality of the ground, being superior when the green fertilizer was incorporated to the soil or it was incorporated permanently.

**Key words:** green manure, fertility, legume, nagement

**RESUMEN.** El suelo constituye uno de los recursos naturales más importantes para la vida. La producción de alimentos depende del uso de este recurso, que se degrada continuamente como resultado de un incorrecto manejo y explotación. *Canavalia ensiformis* se encuentra entre las plantas más empleadas como abono verde por las mejoras que ofrece en las propiedades del suelo. Con el objetivo de evaluar el efecto de diferentes manejos de esta planta en la fertilidad de un suelo Fluvisol Diferenciado, se desarrolló la presente investigación en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Huerto Santiago 2, en el municipio Santiago de Cuba. El experimento se sembró en junio 2014 y 2015 con una distancia de siembra de 0,75 m entre hileras y de 0,25 m entre plantas. Se empleó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro réplicas: un testigo absoluto que representó la fertilidad natural del suelo; con tres tratamientos con Canavalia uno establecida hasta los 80 días, se cortó y se dejó la biomasa sobre el suelo; otro a los 80 días se cortó e incorporó la biomasa al suelo; y el ultimo la leguminosa se mantuvo permanente en el suelo hasta los 120 días. Se analizó la densidad aparente, la porosidad y la humedad del suelo, así como la calidad mediante el método de evaluación visual de indicadores. Los resultados mostraron un efecto positivo de los diferentes tratamientos en las propiedades físicas evaluadas y la calidad del suelo, siendo superiores cuando se incorporó el abono verde al suelo o se mantuvo de forma permanente.

**Palabras clave:** abonos verdes, fertilidad, leguminosa, manejo

## INTRODUCCIÓN

Los suelos se están deteriorando rápidamente debido a la erosión, al agotamiento de los nutrientes, la pérdida de carbono orgánico, el sellado del suelo y otras amenazas, pero esto puede revertirse siempre que se tomen las iniciativas en la promoción de prácticas de manejos sostenibles y el uso de tecnologías apropiadas (1).

<sup>1</sup> Departamento de Agronomía, Facultad Ingeniería Química y Agronomía. Universidad de Oriente, UO. Santiago de Cuba. Cuba

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Carretera Tapaste, Km 3½, Gaveta Postal 1. San José de las Lajas, Mayabeque. Cuba. CP 32700

<sup>3</sup> Subdirección de investigación e innovación. Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de azúcar. Palma Soriano. Santiago de Cuba. Cuba

✉ osmara@uo.edu.cu

Los abonos verdes son definidos como plantas que se siembran en rotación o intercalados con cultivos de interés particular, con el fin de aportarles nutrientes, mantener o mejorar los contenidos de materia orgánica del suelo en el tiempo; permiten proteger, recuperar, aportar y mejorar las condiciones biológicas, físicas y nutricionales del suelo (2). La utilización de los abonos verdes ha mostrado su potencialidad en el incremento de la productividad de los cultivos y su sustentabilidad. La siembra de éstos en áreas agrícolas cultivadas mejora las propiedades del suelo, minimizan su deterioro y restituyen la fertilidad perdida, todo lo cual repercute directamente en el aumento de los rendimientos agrícolas (3).

El uso de la *Canavalia ensiformis* (L) como abono verde puede mejorar las propiedades físicas del suelo como la porosidad, densidad de volumen y la formación y estabilidad de los agregados (4). Es una leguminosa que fija grandes cantidades de nitrógeno por simbiosis, y proporciona condiciones adecuadas al suelo (5). Es considerada la mejor leguminosa para enfrentar frecuentes sequías en una región dada, esta especie es sumamente resistente a períodos secos y a la tierra deteriorada, produce alrededor de 60 t ha<sup>-1</sup> de biomasa, fija hasta 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrógeno.

En Cuba, a partir de la década del 80, la agricultura continua, el uso de sistema de labranza agresiva, y el monocultivo provocaron el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y el incremento de la superficie afectada por procesos erosivos y de degradación (6).

El suelo Fluvisol en estudio presenta bajo contenido de materia orgánica, con un nivel de erosión laminar, y empobrecimiento de fertilidad en algunas de sus áreas; la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de conjunto con los efectos del cambio climático contribuyen a acelerar los procesos degradativos del mismo, afectando su fertilidad y limitando la productividad. Es por ello que este trabajo tuvo como objetivo evaluar el impacto de la utilización de *Canavalia ensiformis* en algunas propiedades físicas de un suelo Fluvisol Diferenciado, en el municipio Santiago de Cuba.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en condiciones de seco, en un área de la UBPC Huerto Santiago 2, localizado en el municipio Santiago de Cuba, sobre un suelo Fluvisol Diferenciado (actualmente Fluvisol agrogénico) (7) con más de 40 años de explotación.

Se utilizó *Canavalia ensiformis* como abono verde, y cultivo de cobertura que se sembró en junio 2014 y 2015, cuyas semillas procedían del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA). No se utilizaron biofertilizantes ni bioestimulantes.

Se empleó un diseño de bloques al azar, con cuatro tratamientos y cuatro réplicas:

Tratamiento I (Sn): testigo absoluto, condición natural del suelo.

Tratamiento II (Cs/i): se estableció la canavalia durante 80 días, se cortó y se dejó la biomasa sobre el suelo.

Tratamiento III (C/i): se estableció la canavalia durante 80 días, se cortó y se incorporó la biomasa al suelo a las 72 horas del corte, a una profundidad de 0,15 cm.

Tratamiento IV (C/p): se mantuvo la leguminosa de forma permanente.

El efecto de los tratamientos en las características físicas del suelo se determinó a partir de dos muestreos de suelo, realizados a los 0 días antes de la siembra y a los 120 días después de establecidos los diferentes manejos de *Canavalia ensiformis*. Se tomaron en cada réplica con una barrena agroquímica cinco muestras de suelo (formadas por submuestras) a la profundidad de 0-20 cm, en diagonal (en zigzag).

Las variables físicas se determinaron según las normas ramales correspondientes. La densidad aparente se determinó por el método de cilindros cortantes (8). La porosidad y la humedad higroscópica se evaluaron por gravimetría, se registró el peso húmedo de las muestras de suelo y luego se secaron a 105 °C durante 24 horas para obtener el peso seco de las mismas. El porcentaje de humedad también se calculó (9).

A los datos obtenidos se les realizó la comparación de medias mediante análisis de la varianza (ANOVA) y la significación entre medias se determinó mediante la prueba de Duncan para  $p \leq 0,05$ .

Se evaluó además la calidad del suelo a los 120 días, mediante el método de evaluación visual de los indicadores (10,11). Este método considera la evaluación visual de diez indicadores relacionados con propiedades físicas (textura, estructura, consistencia, color, porosidad, costras superficiales y cobertura, presencia de lombrices, encharcamiento y erosión). El resultado en cada uno de los indicadores evaluados, se obtuvo considerando los valores en cada tratamiento por réplica, se determinó la media y multiplicó por el factor de corrección de cada valor visual que varía de 1-3; luego se suman y el valor final es el índice calidad visual del suelo para cada tratamiento. A partir del resultado de los indicadores se obtiene el índice calidad del suelo que establece un rango de: (0-15 Pobre); (15-30 Moderada); (>30 Buena).

Comparados los resultados de acuerdo al rango que expone la metodología; el análisis visual realizado estableció incidencia de los indicadores visuales en la calidad del suelo entre los tratamientos. Se empleó el procesador de datos Microsoft Excel, versión 10 para Windows sistema AMIBA.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de la densidad aparente, la porosidad y la humedad del suelo antes de la siembra y a los 120 días posterior a ella se muestra en la Tabla.

**Tabla. Comportamiento de la densidad aparente, la porosidad y la humedad del suelo Fluvisol a los 0 y 120 días de establecida *Canavalia ensiformis***

Momento	Tratamiento	Porosidad (%)	Humedad gravimétrica (%)	Densidad aparente (Mg m <sup>-3</sup> )
0 días	Sn	53,0 d	10,7 e	1,26 a
	Sn	53,2 d	13,04 d	1,24 a
120 días	Cs/i	54,1 c	16,80 c	1,21 ab
	C/i	56,3 b	17,80 b	1,18 b
	C/p	57,0 a	18,90 a	1,16 b
	X	54,6	15,4	1,20
	CV (%)	0,11	0,29	1,65
	ES (x)	0,041***	0,032***	0,014*

\*Medias con letras diferentes en la misma columna difieren entre sí según prueba de Duncan para  $p \leq 0,05$ . Sn: Testigo, Cs/i: canavalia sin incorporar, C/i: canavalia incorporada, C/p: canavalia permanente

Los valores del suelo control donde no se sembró la leguminosa (Sn) se mantuvieron de manera similar en los dos momentos evaluados, excepto en la humedad que tuvo un incremento a los 120 días, con resultados inferiores a los tratamientos donde se cultivó la canavalia para la porosidad y la humedad, no siendo así los resultados de densidad aparente.

Sin embargo, a los 120 días se observa un cambio en las tres variables analizadas con el empleo de la canavalia. La porosidad y humedad del suelo aumentan cuando está presente la leguminosa aún sin incorporar, aumento que se hace más evidente si se incorpora la leguminosa y sobre todo si se mantiene de forma permanente. La densidad aparente, por el contrario, no se diferenció entre el suelo natural y el suelo con canavalia sin incorporar, y disminuyó cuando la planta fue incorporada o se mantuvo de manera permanente. Se plantea como densidad aparente óptima para este suelo un rango de 1,10 a 1,60 Mg m<sup>-3</sup> (12), con lo cual la disminución encontrada con el empleo de canavalia significa una mejora en el suelo debido a la descompactación.

Otros autores han encontrado un efecto positivo sobre las propiedades físicas del suelo cuando se emplean cultivos como abonos verdes, e informan que estos cultivos disminuyen la evapotranspiración, la incidencia de las altas temperaturas y por ende incrementan la humedad del suelo (13–15).

Resultados similares se obtuvieron al utilizar *Mucuna pruriens* como cultivo de cobertura, donde se obtuvieron incrementos del 20 % en el contenido de agua aprovechable del suelo (16). El empleo de centeno (*Secale cereale*) como cobertura de un cultivo de soya, incrementó el contenido de humedad volumétrica del suelo en un 21 % (17).

Otros trabajos agregan que el “acolchado orgánico” formado por la descomposición del abono verde, reduce la evaporación y favorece la infiltración del agua en el perfil del suelo (18). Se favorece la agregación de las partículas del suelo y mejoran su estabilidad frente al factor hídrico, a la vez que incrementan la porosidad (19).

El empleo de canavalia en un suelo ferralítico rojo en Mayabeque modificó la porosidad, valorada de alta a la profundidad de 0 a 20 cm; lo que mejoró la estructura del suelo al permitir que la relación aire-agua fuera mejor en el mismo; también disminuyó la densidad de todos los tratamientos donde estuvo presente, lo cual se atribuyó a que la raíz tuvo un grosor en los primeros 20 cm de 1 a 2 cm y alcanzó una profundidad de 50 a 60 cm, lo que provocó un efecto de laboreo biológico (4).

No siempre se relacionan las propiedades físicas del suelo con su calidad y eficiencia en la sostenibilidad de las producciones. Dado que existen propiedades físicas que varían a corto plazo y resultan difíciles de medir cuantitativamente, pero no cualitativamente (10), poder evaluarlas aporta una evidencia más completa del resultado alcanzado en la transformación y modificación ocurrida en el suelo. El análisis realizado en el suelo a los 0 días del ensayo se presenta en la Figura 1.

El suelo se caracterizó por presentar una textura poco granular, con grietas, dominada por bloques grandes, densos, en forma de terrones, con muy pocos agregados finos, no presentaron macroporos y sí predominio de microporos. De color amarillo parduzco (10,0 YR 6/6), la abundancia y color del moteado de 1 % en la condición moderado, lo cual indica buena aireación en el suelo. No hubo presencia de lombrices; con un encharcamiento pobre; costra y cobertura superficial moderada; erosión hídrica en forma laminar de predominio moderada. Este suelo fue calificado como Pobre, con un índice de calidad 8.

La Figura 2 muestra la evolución de estos indicadores visuales a los 120 días, luego de implementar los diferentes tratamientos.

El suelo sin canavalia a los 120 días (Sn) mostró características similares al testigo (0 días). Mantuvo el color amarillo parduzco (10,0 YR 6/6) y de manera similar se mantuvieron el resto de los indicadores al alcanzar un índice de calidad de 13 calificado en la misma condición, Pobre.

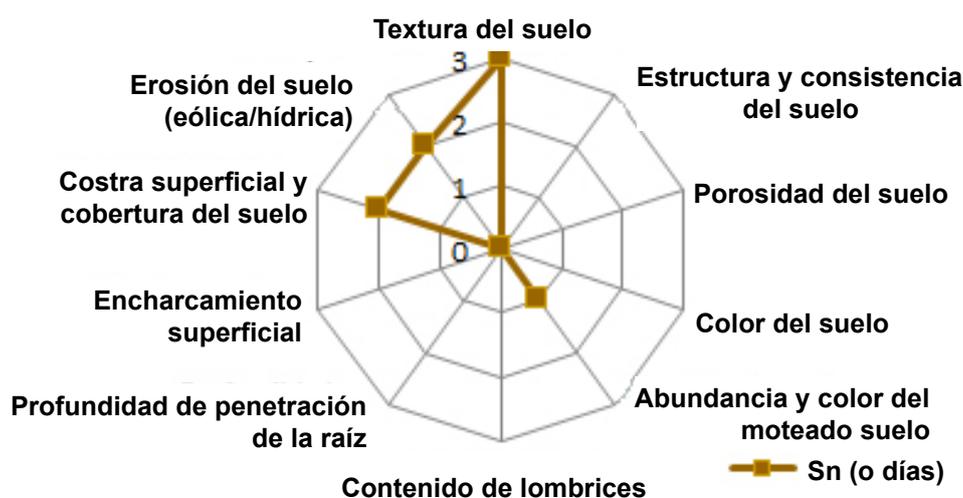


Figura 1. Indicadores visuales del suelo Fluvisol a los 0 días

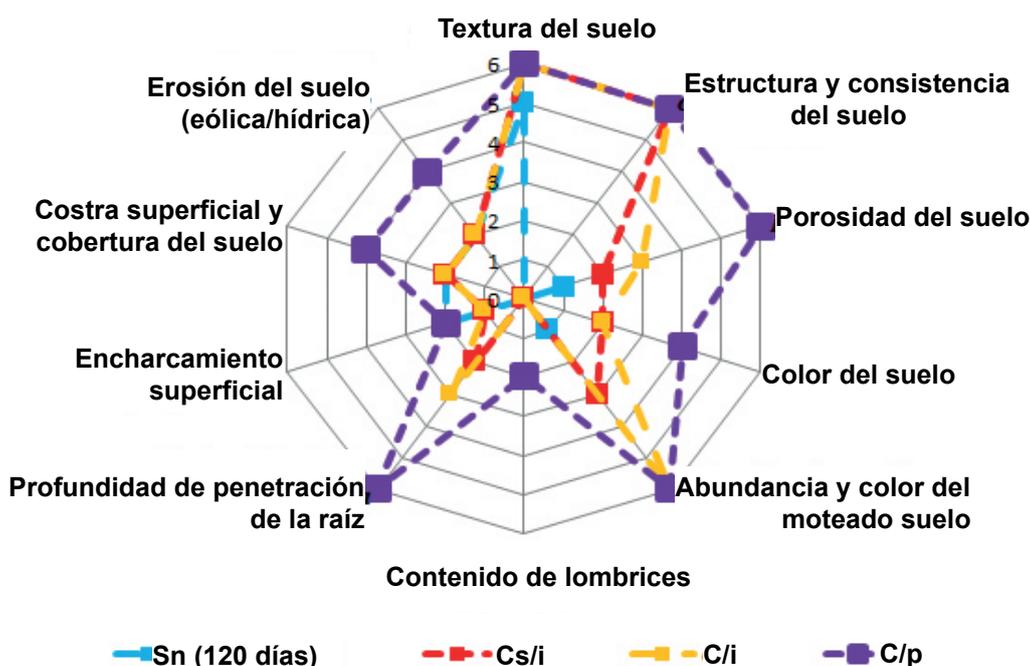


Figura 2. Indicadores visuales de calidad del suelo Fluvisol a los 120 días

Los tratamientos donde se empleó la canavalia sin incorporar (Cs/i) e incorporada (C/i) mostraron comportamientos similares, con una mejora en la condición del suelo a moderado. Textura granular, escasas grietas; la estructura y consistencia con una proporción significativa (50 %) de terrones y de agregados friables finos; la porosidad (con presencia de macro y microporos) y compactación moderada. El suelo adquirió un color de tonalidad más fuerte con relación al testigo siendo el color pardo amarillento para (Cs/i) (10,0 YR 5/6) y pardo marrón (C/i) (10,0 YR 4/3);

no así para el indicador abundancia y color del moteado. Tanto la presencia de lombrices como la profundidad efectiva de las raíces (de 0,55 y 0,59 cm), el encharcamiento superficial y la costra y cobertura superficial en el suelo (> del 30 %) además de la erosión hídrica y eólica fueron moderados en ambos tratamientos. El tratamiento (Cs/i) calificó de moderado, con un valor del índice de calidad de 28 y (C/i) calificó en la condición de Bueno, con un valor del índice de calidad de 31.

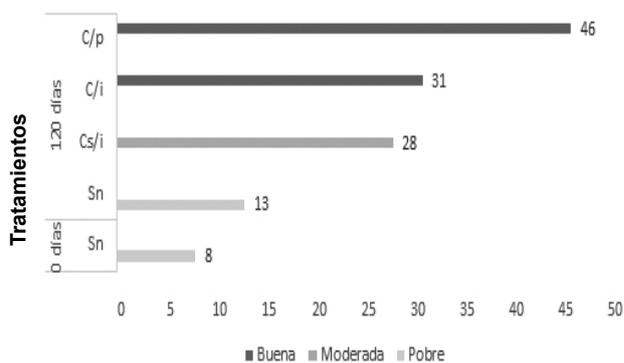
El tratamiento donde se mantuvo la canavalia permanente (C/p) mostró mejoras más significativas, con una textura granular, sin grietas; la estructura y consistencia del suelo friable, sin terrones, con predominio de agregados finos; con presencia de macroporos y pocos microporos, con una mejor estructura. El suelo adquirió un color de tonalidad más firme y oscura con relación al resto de los tratamientos siendo el color pardo oscuro (10,0 YR 3/3); no existieron moteados; la presencia y cantidad de lombrices se incrementó. La profundidad efectiva de las raíces estuvo en 0,60 cm. Hubo muestra de un nivel de encharcamiento superficial bueno; las costras superficiales fueron pequeñas o no se presentaron y la cobertura superficial fue mayor del 70 %. Los indicadores en el tratamiento mejoran la condición del suelo con relación al resto, razón por el cual alcanzó un índice de calidad de 46 y fue calificado de Bueno.

Los resultados obtenidos en la evaluación visual corroboraron la evolución en la mejora de las propiedades físicas del suelo cuando se utilizó la canavalia. A los ceros días, los valores alcanzados por los indicadores no excedieron el valor máximo de tres, mientras que siete mostraron valores de cero; lo que evidencia pérdida en las principales propiedades físicas del suelo que le atribuyeron una condición de Pobre. Sin embargo, a los 120 días los valores alcanzados donde se mantuvo la leguminosa logró alcanzar valores de seis y cuatro, mientras sólo dos mostraron valores por debajo de tres.

De modo general existió una correspondencia entre propiedades cuantitativas y cualitativas comprobados en este trabajo; especialmente para la variable porosidad. Demostrando que estos indicadores se relacionan estrechamente entre ellos, así por ejemplo un incremento en la presencia de macroporos aumenta la aireación, regula el movimiento del agua y ello favorece la permeabilidad y la humedad en el suelo que manifestó incrementos desde 10,7 hasta 18,9 %. El aumento de la porosidad en el suelo de 53 a 57 % también repercute en la mejora de los indicadores costra y cobertura superficial, limitando la compactación del suelo; de ahí que la densidad aparente disminuyó de 1,26 a 1,16 Mg m<sup>-3</sup>.

Si analizamos la evolución cualitativa de las propiedades físicas del suelo ante la presencia de *Canavalia ensiformis* (Figura 3), resulta evidente el efecto de esta leguminosa en el incremento de su calidad, que se comportó de manera similar como un suelo pobre a los 0 y 120 días sin el cultivo del abono verde (Sn), pero que pasó a ser de una calidad moderada cuando se estableció el cultivo (Cs/i), y que le permitió convertirse en un suelo de buena calidad al incorporarse (C/i) y al mantenerse de forma permanente en el suelo (C/p). Diversos son los autores que confirman el papel de las leguminosas en la mejora de las propiedades físicas,

por el cual continúan los estudios al respecto con discreciones importantes; al respecto (20) plantean que las leguminosas además de incrementar la materia orgánica, mantienen la humedad del suelo, reducen la temperatura en el sistema, y también la metanogénesis, entre otros.



Sn: Suelo natural, Cs/i: Canavalia sin incorporar, C/i: Canavalia incorporada, C/p: Canavalia permanente

**Figura 3: Índice de calidad del suelo**

Se plantea también que efectos asociados al manejo del suelo como el uso de plaguicidas afectan las condiciones del suelo, observado en las características iniciales de este suelo como resultado además de un inadecuado manejo. El empleo de *Canavalia ensiformis* permitió modificar la condición inicial del suelo. Sin embargo, se considera que los efectos en el suelo se diversifican en rotación con cereales, ya que permite mejorar la estructura del suelo, rompe los ciclos de plagas y enfermedades y reduce, en consecuencia, la necesidad de abonos y pesticidas (21).

## CONCLUSIONES

- ◆ El empleo de la leguminosa *Canavalia ensiformis* como abono verde/cultivo de cobertura mostró un efecto positivo sobre las propiedades físicas del suelo, efecto que fue superior cuando la leguminosa se incorporó al suelo después de su corte a los 80 días y cuando se mantuvo de forma permanente 120 días.
- ◆ Se evidenció condiciones favorables en las propiedades físicas del suelo Fluvisol Diferenciado, de forma cuantitativa (densidad aparente, porosidad, humedad) como cualitativamente (textura, estructura, consistencia, color, porosidad, costra y cobertura superficial, presencia de lombrices, encharcamiento y erosión) que corroboran un cambio en la calidad del mismo.
- ◆ El índice calidad visual del suelo en los tratamientos tiende al aumento con relación al testigo, con el empleo de *Canavalia ensiformis*, aunque numéricamente los cambios no son significativos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. FAO - Noticias: Los suelos están en peligro, pero la degradación puede revertirse [Internet]. [cited 2018 Apr 3]. Available from: <http://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/>
2. Prager MM, Sanclemente ROE, Sánchez de P, Miller GJ, Sánchez Á, Iván D. Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. *Agroecología*. 2012;7(1):53–62.
3. Rubido MG, de Leon DP, Aguiar YA, Acosta LM. Influencia de la *Canavalia ensiformis* (L.) en la actividad biológica y distribución de los agregados del suelo en un área dedicada al cultivo del tabaco. *Investigación y Saberes*. 2014;3(3):47–55.
4. Alonso NJM. Mejoramiento de las propiedades de un suelo Ferralítico rojo con el uso de la *Canavalia ensiformis* (L). *Revista Ingeniería Agrícola*. 2017;4(1):42–7.
5. Bunch R. ¿Cómo prohibir las sequías? Aprendiendo de los africanos que ya aprendieron de los latinoamericanos. LEISA. *Revista de Agroecología*. 2016;32(2):8–11.
6. Micucci FG, Taboada MA. Soil physical properties and soybean (*Glycine max*, Merrill) root abundance in conventionally- and zero-tilled soils in the humid Pampas of Argentina. *Soil and Tillage Research*. 2006;86(2):152–62. doi:10.1016/j.still.2005.02.004
7. Hernández A, Pérez J, Bosch D, Castro N. Clasificación de los suelos de Cuba. Edit. Ediciones INCA, Mayabeque, Cuba, 2015. 93 p.
8. Reyes A, Ruiz J, Fernández A, Torres C, Chinea A, Bouza D, González R, Marreo R, Cuadras F, Ruiz J, Esquijerosa T, Hernández N, García A, Viñas Y, Benitez L. Comportamiento de las propiedades físicas e hidróficas en un suelo Pardo con carbonato para la producción de Caña de Azúcar como alimento animal. In: V Congreso Internacional de Producción Animal Tropical [Internet]. La Habana, Cuba: Palacio de Convenciones; 2015 [cited 2018 Apr 12]. Available from: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/comportamiento-propiedades-fisicas-hidroficas-t38904.htm>
9. Jaramillo Jaramillo DF. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín; 2002. 619 p.
10. Shepherd TG. Guía de campo para cultivos anuales que contiene el Método de Evaluación Visual del Suelo. FAO. Roma; 2006 p. 14.
11. Benitez J. Evaluación visual del suelo. Guía de campo. [Internet]. 2014 [cited 2018 Apr 3] p. 19. Available from: <https://suelosandinos.files.wordpress.com/2015/02/evaluac3b3n-visual-de-suelos-j-benites.pdf>
12. Irineo G, Esmeralda R. Evaluación de la calidad del suelo para diferentes usos y cubiertas vegetales en la ladera Este de Cerro Grande, comunidad Dexcani Alto, municipio de Jilotepec [Internet] [Tesis de Licenciatura]. [Toluca de Lerdo, México]: Universidad Autónoma del Estado de México.; 2013. 116 p. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/58561>
13. Bot A, Benites J. The Importance of Soil Organic Matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production. FAO, Roma: Food & Agriculture Org.; 2005. 96 p. (FAO. Soils Bulletin, 80).
14. Kuzyakov Y, Larionova AA. Root and rhizomicrobial respiration: a review of approaches to estimate respiration by autotrophic and heterotrophic organisms in soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 2005;168(4):503–20. doi:10.1002/jpln.200421703
15. Powers JS, Montgomery RA, Adair EC, Brearley FQ, DeWalt SJ, Castanho CT, et al. Decomposition in tropical forests: a pan-tropical study of the effects of litter type, litter placement and mesofaunal exclusion across a precipitation gradient. *Journal of Ecology*. 2009;97(4):801–11. doi:10.1111/j.1365-2745.2009.01515.x
16. Sanclemente Reyes ÓE. Efecto del cultivo de cobertura: *Mucuna pruriens*, en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo Typic Haplustalfs, cultivado con maíz (*Zea Mays* L.) en zona de ladera del municipio de Palmira, Valle. *Revista Brasileira de Agroecología*. 2009;4(2):4133–8.
17. Williams SM, Weil RR. Crop cover root channels may alleviate soil compaction effects on Soybean crop. *Soil Science Society of America Journal*. 2004;68(4):1403. doi:10.2136/sssaj2004.1403
18. Sanclemente OE. Efecto de *Mucuna pruriens* asociada a una gramínea sobre la actividad simbiótica rizosférica y la movilización de N y P, en un sistema de cultivo maíz (*Zea mays* L.)-soya (*Glycine max* L.) [PhD Thesis]. Tesis doctoral. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira; 2013.
19. De la cruz Cardona CA. Contribución de abonos verdes a la producción sostenible de caña de azúcar *Saccharum Officinarum* (L.), en la hacienda La floresta del municipio de Bugalagrande-Valle del Cauca. [Internet] [Tesis de Diploma]. [Colombia]: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente, Palmira; 2015. 61 p. Available from: <http://hdl.handle.net/10596/4203>
20. Castillo Caamal J, Belmar Casso R, Trejo Lizama W. Contribución de las leguminosas en la agroecología y alimentación animal en la región peninsular maya de México. LEISA. *Revista de Agroecología*. 2016;32(2):15–7.
21. Romero T, María A, Rubio Moreno J, Millán Valenzuela T, Eraso Ruiz E, Solís Martel I. El papel de las leguminosas en la PAC: realidad y perspectivas. *Ambienta: La revista del Ministerio de Medio Ambiente*. 2015;2015(112):94–109.

Recibido: 10 de julio de 2017

Aceptado: 31 de enero de 2018