

Correspondence:

Determinación de indicadores biológicos de calidad de los suelos de pastizales en áreas de la Cuenca del Cauto.

Determination of biological indicators of quality of grassland soils in areas of the Cauto Basin.

María de los Ángeles Jiménez Pizarro
Universidad de Granma, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Km 17, carretera Bayamo a Manzanillo, Bayamo Granma. CP85100. Cuba

Licet Chávez Suárez
Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov” Km 17, carretera Bayamo a Manzanillo, Bayamo Granma. CP85100. Cuba

Marisol Rivero Herrada Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Av. Quito. Km 1. vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador, mrivero@uteq.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-8533-5680>

Ana Deysi Fernández Franco
Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Facultad de Ciencias Agropecuarias . Av. Quito. Km 1. vía a Santo Domingo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador

Resumen

La pérdida de la capacidad productiva de los pastizales se debe en gran medida a degradación del suelo. La investigación se desarrolló en áreas de la Cuenca del Cauto dedicadas al pastoreo de ganado mayor y como control positivo un área de la Estación Experimental de Pastos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, pertenecientes al municipio Bayamo, provincia Granma, Cuba. Con el objetivo de determinar indicadores biológicos de calidad de los suelos de pastizales. Para la selección de los pastizales se consultó el Sistema de Información Geográfica. Los resultados obtenidos mostraron mayores niveles de actividad enzimática en el área de la Estación Experimental donde se obtuvieron con 0,18 mg de NH_4 , equivalente a 382,49 mg de NH_4 / kg., la mayor actividad amonificante expresada en 0,09 mg de NH_4 , equivalente a 190,8 mg de NH_4 / kg de suelo seco y los mayores valores de la actividad nitrificante 0,18 mg de NO_3 equivalente a 382,39 mg NO_3 / kg de suelo seco seguida de las áreas el Triángulo con 0,11 mg de NO_3 equivalente a 250 mg NO_3 / kg suelo seco y el Progreso con 0,07 mg de NO_3 equivalente a 158,62 mg / kg de suelo seco. Se evidenció la sensibilidad de los indicadores biológicos determinados a la variabilidad manifiesta en las características de los suelos y las actividades de manejo de los pastizales.

Palabras clave grupos microbianos, enzima, actividad amonificante, nitrificante

Abstract

The loss of the productive capacity of grasslands is largely due to soil degradation. The research was carried out in areas of the Cauto Basin dedicated to the grazing of large cattle and as a positive control an area of the Pastures Experimental Station of the "Jorge Dimitrov" Agricultural Research Institute, belonging to the Bayamo municipality, Granma province, Cuba. With the objective of determining biological quality indicators of grassland soils. For the selection of grasslands, the Geographic Information System was consulted. The results obtained showed higher levels of enzymatic activity in the area of the Experimental Station where they were obtained with 0.18 mg of NH_4 , equivalent to 382.49 mg of NH_4/kg ., the highest ammonifying activity expressed in 0.09 mg of NH_4 , equivalent to 190.8 mg of NH_4/kg of dry soil and the highest values of nitrifying activity 0.18 mg of NO_3 equivalent to 382.39 mg NO_3/kg of dry soil followed by the Triangle areas with 0, 11 mg NO_3 equivalent to 250 mg NO_3/kg dry soil and Progreso with 0.07 mg NO_3 equivalent to 158.62 mg/kg dry soil. The sensitivity of the biological indicators determined to the variability manifested in the characteristics of the soils and the management activities of the grasslands was evidenced.

Keywords: microbial groups, enzyme, ammonifying activity, nitrifying

Introducción

Frecuentemente la baja productividad del ganado vacuno en América Latina se relaciona con el alto nivel de degradación que presentan los pastizales, debido a que aproximadamente el 50% de estas áreas muestran estadios avanzados de deterioro (Rodríguez *et al.*, 2006). A su vez, los suelos de las áreas dedicadas a la ganadería se han deteriorado paulatinamente, lo que se manifiesta, principalmente, por extensas áreas de suelos sin protección, lo que facilita la erosión y la pérdida de la fertilidad (Murgueitio *et al.*, 2011).

En Cuba, en áreas de la cuenca del Cauto, cerca del 100 % de los suelos en uso ganadero presenta mal drenaje, el 40 % del área es inundable durante las lluvias, el 70 % de los suelos tiene baja productividad y el 36 % del territorio es seco, el 70 % de los suelos en uso ganadero presentan bajas categorías productivas (Benítez *et al.*, 2003).

El suelo es un sistema vivo, heterogéneo y dinámico (Bone *et al.*, 2010) y su calidad depende de un conjunto de propiedades físicas, químicas y biológicas, las cuales, de acuerdo con su variabilidad espacial y temporal, sensibilidad a cambios de uso y manejo del suelo, clara discriminación entre los sistemas de manejo, rápida respuesta al cambio y facilidad en su interpretación y ejecución, pueden ser utilizadas como indicadores de calidad (Cantú *et al.*, 2007). Ante esta situación, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar algunos indicadores biológicos que definen la calidad de los suelos en áreas dedicadas al pastoreo en la Cuenca del Cauto.

Materiales y métodos

El estudio se desarrolló en las unidades “El Progreso” y “El triángulo”, dedicadas al pastoreo de ganado mayor perteneciente a la UBPC “Francisco Suarez Soa” y en áreas de la Estación Experimental de Pastos del Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”, pertenecientes al municipio Bayamo, provincia Granma.

Para la selección de los pastizales se consultó el Sistema de Información Geográfica para el manejo de la ganadería en la Cuenca del Cauto (Benítez *et al.*, 2013).

Tabla 1. Características químicas de los suelos estudiados.

INDICADORES	UNIDAD		
	Progreso	Triángulo	Estación Experimental
pH (H ₂ O)	6,9	7,02	6,5
Materia orgánica (%)	1,74	2,0	2,5
Porosidad (%)	57,9	55,2	54,4
CE (mScm ⁻¹)	3,2	0,37	0,17
Hy (%)	13,3	13,8	6,22

Para determinar los indicadores microbiológicos de los suelos se empleó la metodología descrita por Novo, (2005). En cada área de estudio se definieron 5 parcelas de 10 m² y en cada parcela se muestrearon 5 puntos al azar a la profundidad de 0-20 cm, para un total de 25 puntos por área.

Para el recuento de los principales grupos microbianos se utilizó el método de las diluciones seriadas y siembra profunda en placas Petri (Novo, 2005).

Tabla 2. Medios de cultivo, diluciones, temperatura y tiempo de incubación

Grupo microbiano	Dilución	Medio de cultivo	Temperatura	Tiempo de incubación
Bacterias	10 ⁶	Agar Nutriente	30 °C	24 horas
Hongos	10 ⁴	Agar Extracto de Malta	30 °C	5 a 7 días
Actinomicetos	10 ⁵	Agar Almidón Amoniacal	30 °C	5 a 7 días

Para determinar la actividad de la enzima Ureasa se empleó el método fotocolorimétrico descrito por Lloys y Shaffe, (1973). La actividad amonificante se empleó el método fotocolorimétrico descrito por Kaurichev (1980).

En ambos casos se utilizó suelo seco al aire y pasado por tamiz de 2 mm. Con el empleo de un fotocolorímetro marca Rayleigh VIS – 723 G y se elaboró la curva de calibración a partir de las concentraciones conocidas de NH₄Cl seco y químicamente puro, según técnicas orientada por Jackson (1970).

La actividad nitrificante fue determinada por el método fotocolorimétrico descrito por Rodríguez (1980). Con el empleo de un fotocolorímetro marca Rayleigh VIS – 723 G. Se elaboró la curva de calibración a partir de las concentraciones conocidas de KNO₃ seco y químicamente puro (Jackson, 1970).

En todos los casos la determinación de las concentraciones de las muestras se calculó mediante el producto de las absorbancias respectivas multiplicada por la cotangente del ángulo de la curva ajustada.

Para expresar el contenido de NH₄ y NO₃ en mg / kg de suelo seco se calculó por la fórmula.

$$A = \frac{a \times V \times 1000 \times K}{V_1 \times c}$$

Donde:

A: mg de NH₄/ kg suelo seco

a: mg NH₄/ 50 ml calculado según curva de calibración

V: volumen total del filtrado en ml

V₁: volumen del filtrado para la colorimetría en ml

c: peso de la muestra de suelo en gramo (g)

K: coeficiente de cálculo para expresar en suelo seco

1000 coeficiente de cálculo para convertir de gramo (g) a kilogramo (kg)

Para comparar los tratamientos en cuanto a las variables estudiadas se realizó un Análisis de Varianzas (ADEVA) de clasificación simple y determinar si existen diferencias entre las medias de los tratamientos (Lerch, 1987), se verificó el cumplimiento de los supuestos para este tipo de análisis mediante las pruebas de Cochran, Hartley y Bartlett, cuando existieron diferencias significativas entre ellas, se procedió a realizar la prueba de rangos múltiples de Tukey para un nivel de significación de 0,05% de probabilidad de error. Todo el procesamiento se realizó con el empleo del paquete estadístico INFOSTAT versión 2019 (Di Rienzo *et al.*, 2020).

Resultados

Al evaluar el comportamiento de los grupos microbianos en áreas objeto de investigación se evidenció que en el área la Estación se obtuvieron las mayores poblaciones de los tres grupos microbianos estudiados con diferencias significativas con respecto a la existente en áreas de Triángulo y Progreso (figura 1).

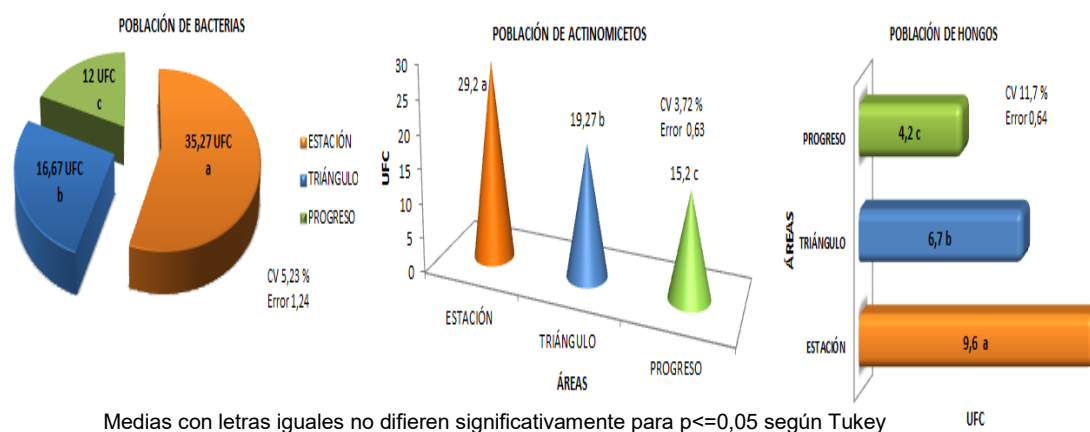


Figura 1. Comportamiento de las poblaciones microbianas

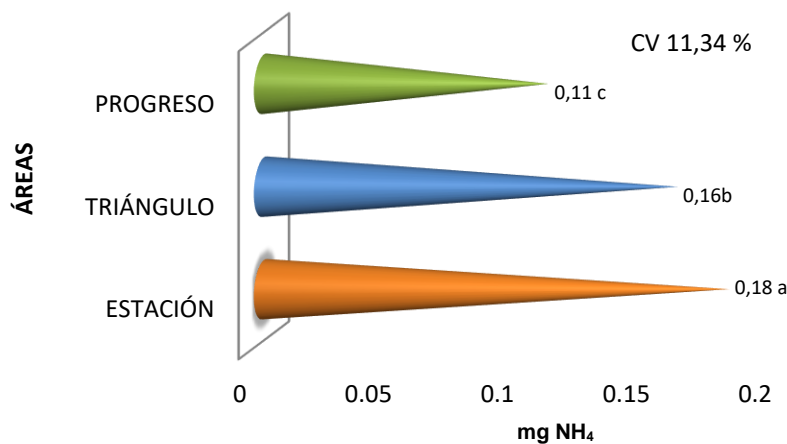
Leyenda: Bacterias: UFC x 10⁶, Actinomicetos: UFC x 10⁵, Hongos: UFC x 10⁴

Estos resultados pudieron estar motivados porque es en el área de la Estación donde existe un mayor contenido de materia orgánica, mayor área de suelo cubierta por pastos (89,3 %), con una biomasa de 1,23 t ha⁻¹ lo que permitió una mayor cobertura que mantuvo la humedad del suelo a pesar de ser un suelo de tipo Fluvisol.

En la compactación del suelo, la presión ejercida por los animales resultará en la reducción del volumen de macroporos en el suelo, afectando negativamente la tasa de infiltración de agua, incrementará la resistencia a la penetración de las raíces y disminuirá la disponibilidad de oxígeno para el sistema radicular de las pasturas (Giraldo *et al.*, 2010).

Vallejo *et al.*, (2010, 2012) y Yadav *et al.*, (2011) destacan que la compactación edáfica referida en los sistemas convencionales produce un aumento en la densidad aparente y en la resistencia mecánica; destruye o debilita la estructura del suelo, reduce la porosidad total, restringe el movimiento de agua y la transferencia de oxígeno, resultando en un impedimento en el crecimiento y elongación de las raíces de las gramíneas lo cual disminuye la actividad microbiana.

Al evaluar la actividad de la ureasa (figura 2) se observó fue superior en el área de la Estación.



Medias con letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 0,05$ según Tukey

Figura 2. Comportamiento de la enzima Ureasa

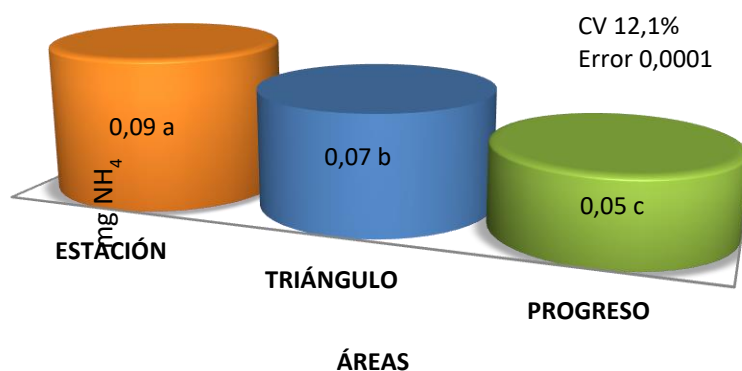
Esta enzima es secretada por microorganismos que intervienen en la degradación de los compuestos orgánicos nitrógenados, por lo que es lógico que exista una mayor actividad ureolítica en el área de la Estación donde existen las mayores poblaciones microbianas y mayor contenido de materia orgánica.

Estudios realizados por Paudel *et al.*, (2011, 2012) evidenciaron una mayor actividad enzimática y diversidad microbiana en sistemas agroforestales con diferencias en la cantidad y en la calidad de la materia orgánica y exudados de raíces provenientes de los cultivos de cobertura y vegetación permanente. El comportamiento de las actividades enzimáticas observadas en dichos estudios soporta la hipótesis de que la vegetación perenne provee condiciones más favorables para la actividad enzimática y diversidad microbiana en comparación con sistemas convencionales.

Investigaciones realizadas para comprobar el nivel de actividad ureolítica de los suelos destacan que los niveles enzimáticos varían en función del tipo de suelo, su contenido de materia orgánica, la actividad de los organismos vivos y la intensidad de los procesos biológicos que en este se verifican (Adrover *et al.*, 2012 y Henríquez *et al.*, 2014).

La mayor actividad amonificante (figura 3) se obtuvo en el área de la Estación (0,09 mg de NH₄), equivalente a 190,8 mg de NH₄/ kg de suelo seco, con diferencia significativa con el área

del Triángulo equivalente a 159,3 mg de NH_4 / kg de suelo seco y en el área de Progreso equivalente a 113,3 mg de NH_4 / kg de suelo seco.

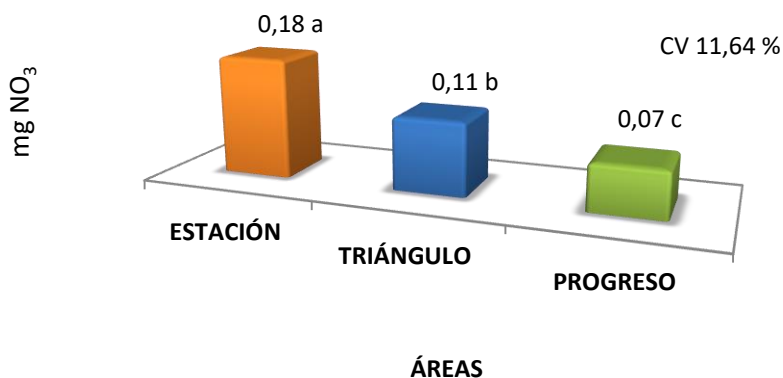


Medias con letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 0,05$ según Tukey

Figura 3. Comportamiento de la actividad amonificante

Estos resultados pueden explicarse a partir de los resultados que se obtuvieron en el análisis de la actividad de la enzima ureasa. Es importante destacar que la cantidad de amonio o compuestos amoniacaes que se obtengan en el proceso de mineralización depende del grupo de microorganismo predominante en el suelo que realice el proceso. Las bacterias al ser más eficientes en sus procesos metabólicos aportaran más amonio al suelo que los hongos (Cardoso *et al.*, 2015).

La evaluación de la actividad nitrificante demostró que los mayores valores de la actividad nitrificante 0,18 mg de NO_3 equivalente a 382,39 mg NO_3 / kg de suelo seco se obtuvieron en el área la Estación con diferencias significativas con las restantes áreas objeto de investigación, seguida del área el Triángulo con 0,11 mg de NO_3 equivalente a 250 mg NO_3 / kg suelo seco. El área Progreso exhibe los valores más bajos 0,07 mg de NO_3 equivalente a 158,62 mg / kg de suelo seco (figura 4).



Medias con letras iguales no difieren significativamente para $p \leq 0,05$ según Tukey

Figura 4. Comportamiento de la actividad nitrificante

Atlas y Bartha, (2002) destacan que el proceso de nitrificación parece estar limitado, en su mayor parte, por un número restringido de microorganismos aerobios quimiolitotóxicos. Durante el proceso las bacterias nitrificantes se especializan en obtener energía de la oxidación del amonio y la utilización del dióxido de carbono (CO_2) como fuente de carbono para la síntesis de estos compuestos orgánicos. Estas bacterias se encuentran en la mayoría de los suelos con pH de 6,6 a 7,8; estas no son activas a un pH menor de 4,5 (Cardoso *et al.*, 2015).

Investigaciones realizadas en suelos dedicados al pastoreo quedó demostrado que existe una correlación estrecha y positiva entre la disponibilidad de nitrógeno en el suelo y su fase biológica, lo que repercutió en un mayor proceso de mineralización del nitrógeno y por consiguiente una mayor disponibilidad de nitrógeno asimilable por las plantas (Sicardi *et al.*, 2014).

Por su parte al referirse al manejo en los pastizales Ferreras *et al.*, (2009) destacan que los parámetros biológicos y bioquímicos tienden a reaccionar de manera más rápida y sensible a los cambios producidos por el manejo, por lo tanto, podrían constituir una señal temprana y sensible y ser de utilidad para estimar la calidad edáfica, incluso antes que las propiedades físicas y químicas.

Romaniuk *et al.*, (2011) señalan que debido a que la pérdida de calidad del suelo se encuentra asociada con la alteración de numerosas funciones realizadas por los microorganismos edáficos (por ejemplo, reciclaje de nutrientes, mantenimiento de la estructura edáfica, pérdida de fertilidad, degradación de contaminantes y control biológico), estos se han propuesto como indicadores válidos a la hora de evaluar el impacto generado por las actividades agropecuarias.

Como se evidencia en los resultados obtenidos los parámetros o indicadores biológicos manifiestan de forma rápida modificaciones en su distribución espacial, en la cantidad y diversidad poblacional y en los procesos de mineralización de los compuestos orgánicos al ser altamente sensibles a las modificaciones en las características físicas y químicas de los suelos, así como por las actividades de manejo que caractericen los agroecosistemas.

Conclusiones

Los resultados obtenidos mostraron mayores niveles de actividad enzimática en el área de la Estación Experimental donde se obtuvieron con 0,18 mg de NH_4 , equivalente a 382,49 mg de NH_4 / kg., la mayor actividad amonificante expresada en 0,09 mg de NH_4 , equivalente a 190,8 mg de NH_4 / kg de suelo seco y los mayores valores de la actividad nitrificante 0,18 mg de NO_3 equivalente a 382,39 mg NO_3 / kg de suelo seco, seguida de las áreas el Triángulo con 0,11 mg de NO_3 equivalente a 250 mg NO_3 / kg suelo seco y el Progreso con 0,07 mg de NO_3 equivalente a 158,62 mg / kg de suelo seco. Los indicadores biológicos determinados manifestaron una alta sensibilidad a la variabilidad de las características de los suelos y manejo de los pastizales, lo que evidenció pueden tomarse como indicativos para predecir la calidad de estos suelos.

Referencias

- Adrover, M., Moyà, G., Vadell, J. (2012). Effect of treated wastewater irrigation on plant growth and biological activity in three soil types. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 43, 1163-1180.
- Atlas, R. y Bartha, R. (2002). *Ecología microbiana. Microbiología ambiental*. Addison Wesley. Madrid, 677pp.
- Benítez, D., Boza, P., Ramírez, A., Díaz, M., Torres, V., J. Guerra. (2003). Comportamiento productivo de los rebaños de cría de bovinos en el Valle del Cauto, Cuba. *Rev. Prod. Anim.* 15: (1): 17-21.
- Barros-Bastidas, C., & Turpo, O. (2020). La formación en investigación y su incidencia en la producción científica del profesorado de educación de una universidad pública de Ecuador. *Publicaciones*, 50(2), 167–185. doi:10.30827/publicaciones.v50i2.13952
- Barros, C., & Turpo, O. (2017). La formación en el desarrollo del docente investigador: una revisión sistemática. *Revista Espacios*, 38(45).
- Benitez, D., Pérez, B.E, Ramírez, A. (2013). Sistema de información geográfico para el manejo de la ganadería en la Cuenca del Cauto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias “Jorge Dimitrov”.
- Bone, J., Head, M., Barraclough, D., Archer, M., Scheib, C., Flight, D., Voulvoulis, N. (2010). Soil quality assessment under emerging regulatory requirements. *Environment International*. 36: 609-622.
- Cantú, M., Becker, A., Bedano, J., Schiavo, H. (2007). Evaluación de la calidad de suelos mediante el uso de indicadores e índices. *Ciencia del Suelo*. 25: 173-178.
- Cardoso, E; Tsai, S; Neves M.C. (2015). *Microbiología do solo, SECS, Campinas, Brasil*. p. 60
- Ferreras L., Toresani S., Bonel B., Fernández E., Bacigaluppo S., Faggioli V., Beltrán C. (2009). Parámetros químicos y biológicos como indicadores de calidad del suelo en diferentes manejos. *CI. Suelo (Argentina)* 27(1):103-114.
- Giraldo, C., Escobar, F., Chará, J.D., y Calle, Z. (2010). The adoption of silvopastoral systems promotes the recovery of ecological processes regulated by dung beetles in the Colombian Andes. *Insect Conservation and Diversity*, 4, 115-122.

- Gómez-Sagasti MT, Alkorta I, Becerril JM, Epelde L, Anza M, Garbisu C. (2012). Microbial Monitoring of the Recovery of Soil Quality During Heavy Metal Phytoremediation. *Water, Air, & Soil Pollution* 223:3249-3262.
- Henríquez, C., Uribe, L., Valenciano, A., Nogales, R. (2014). Actividad enzimática del suelo -deshidrogenasa, -glucosidasa, fosfatasa y ureasa- bajo diferentes cultivos. *Agronomía Costarricense* 38(1): 43-54. ISSN: 0377-9424 / 2014. Disponible en www.mag.go.cr/rev_yagr/index.html www.cia.ucr.ac.cr. Consultado 5 de febrero de 2018.
- Jackson, L. (1970) Análisis químico de los suelos. Edición Revolucionaria. La Habana. 320 p.
- Jiménez, P.M. y Lambuazao, P. 2013. Microbiología do solo. Fasciculo. Curso de Agronomía. Instituto Superior Politecnico do Kwansa Sul. Angola. 169 pp.
- Kaurichev, I.S. (1980). Prácticas de Edafología. Editorial Moscú: 271p
- Lerch, G. (1987). La experimentación en las Ciencias Biológicas y Agrícolas. Editorial Científico- Técnica. La Habana, Cuba, 452p.
- Llloys, B.; Shaffe, J. (1973). Urease activity in soil. *Plant Soil*. 39 (1): 71 -78.
- Murgueitio, E., Calle, Z., Uribe, F., Calle, A., y Solorio, B. (2011). Native trees and shrubs for the productive rehabilitation of tropical cattle ranching lands. *Forest Ecology and Management*. 10: 1654-1663.
- Novo Sordo Rene. (2005). Microbiología Agrícola. Ejercicios Prácticos. Generalidades. Editorial Felix Varela. Habana. Cuba. ISBN 959-258- 855-4. P 222-226.
- Paudel B.R., Udawatta, R.P., y Anderson, S.H. (2011). Agroforestry and grass buffer effects on soil quality parameters of grazed pasture and row-crop systems. *Applied Soil Ecology*, 48, 125-132.
- Paudel, B.R., Udawatta, R.P., Kremer, J.R., y Anderson, S.H. (2012). Soil quality indicator responses to row crop, grazed pasture, and agroforestry buffer management. *AgroforestrySystems*, 84, 311-323.
- Pérez Díaz, S. O., & Rodríguez Rodríguez, P. A. (2020). Determinación de indicadores de calidad de suelo para la conservación de la cuenca alta del Río Teusacá.
- Rodríguez, P. (1980). Biología de los suelos salinos. Actividad de la microflora edáfica. Bayamo. ISCAB. Curso de posgrado. Facultad de Agronomía. 42p.

- Rodríguez, I. Crespo, G. Otero, L. Calero, B y Fraga, S. (2006) Metodología para la evaluación integral del estado de fertilidad de los suelos en una región ganadera de La Habana. *Revista Cubana Agrícola*, 40(4): 495-502.
- Romaniuka, R., Giuffrea, L., Costantinia, A., y Nannipieri, P. (2011). Assessment of soil microbial diversity measurements as indicators of soil functioning in organic and conventional horticulture systems. *Ecological Indicators*, 11, 1345-1353.
- Sicardi, Margarita; García-Préchac, F.; Frioni, Lillian. (2014). Soil microbial indicators sensitive to land use conversion from pasture to commercial *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) plantations in Uruguay. *Applied Soil Ecology* 27: 125—133
- Vallejo, V., Roldán, F., y Dick, R.P. (2010). Soil enzymatic activities and microbial biomass in an integrated agroforestry chronosequence compared to monoculture and a native forest of Colombia. *Biology and Fertility of Soils*, 46, 577-587.
- Vallejo, V.E., Roldán, F., Arbeli, Z., Terán, W., Lorenz, N., y Dick, R.P. (2012). Effect of land management and *Prosopis juliflora* (Sw.) DC trees on soil microbial community and enzymatic activities in silvopastoral systems of Colombia. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 150, 139-148.
- von Feigenblatt, Otto Federico (2007). *Japan and Human Security: 21st Century ODA Policy Apologetics and Discursive Co-optation* (2nd ed.). Delray Beach: Academic Research International.
- von Feigenblatt, Otto Federico (2009a). Anomie, Racial Wage, and Critical Aesthetics: Understanding the Negative Externalities of Japanese and Thai Social Practices. *Journal of Asia Pacific Studies*, 1(1), 69-75.
- Yadav, R.S, Yadav, B.L, Chhipa, B.R., Dhyani, S.K., y Munna, R. (2011). Soil biological properties under different tree based traditional agroforestry systems in a semi-arid region of Rajasthan, India. *Agroforestry Systems*, 81, 191-201.