



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

**Dinámica de la restauración de suelos agrícolas a través de la creación de islas de fertilidad orgánica en un cultivo de Plátano (*Musa AAB SIMMONDS*) en el Valle del Cauca, Colombia**

**AMAURI NICOLAS GARCIA**

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Maestría en Ciencias Agrarias – Suelos  
Palmira, Colombia  
2019

**Dinámica de la restauración de suelos agrícolas a través de la creación de islas de fertilidad orgánica en un cultivo de Plátano (*Musa* AAB SIMMONDS) en el Valle del Cauca, Colombia**

**AMAURI NICOLAS GARCIA**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:  
**Magister en Ciencias Agrarias**

Director (a):

**Ph.D. ELENA VELÁSQUEZ IBAÑEZ**  
Universidad Nacional de Colombia sede Palmira

Línea de Investigación:  
Manejo de suelos

Universidad Nacional de Colombia  
Facultad de Ciencias Agropecuarias  
Maestría en Ciencias Agrarias – Manejo de suelos  
Palmira, Colombia  
2019

***Dedicatoria***

***Este trabajo es dedico a:  
A La Virgen María, Cristo y Dios (DCM)***

## **Agradecimientos**

Primero agradezco a La Virgen María, Cristo y Dios por regalarme bendiciones, salud, vida y fe para permitirme alcanzar una meta más en la vida.

Mil gracias de todo corazón a mi familia, Mamá, Papá, hermanos y sobrinos por apoyarme y darme sus motivaciones.

Un agradecimiento muy especial a mi hermanito Santiago García por su gran ayuda en la realización de esta investigación.

De todo corazón agradecer a mi profesora y directora Elena Velásquez por su apoyo incondicional e inagotable, su paciencia, consejos, enseñanzas y formación en este mundo tan maravilloso La Biología del Suelo.

A la persona que considero mi familia mejor dicho mi hermana, mi gran amiga, mi consejera, formadora y a la cual estimo mucho de todo corazón, porque gracias a ella, yo inicie estudios de posgrado y hoy lo he cumplido...Muchas gracias PhD. Marcela Zapata Duque.

De manera muy especial agradecer al señor Jorge, dueño y productor de la finca el Vergel, quien me apoyo prestando el sitio para la realización de esta investigación y su buena colaboración.

Infinitas gracias a mi compañera, quien me animo y me demostro su incondicional apoyo durante este gran proceso de formacion... Lorena Jimenez, Mi negra. Te amo. NILO.

Y muchas gracias a todas las personas que conocí, me apoyaron y ayudaron durante M.Sc.

## Resumen

Actualmente gran parte de los suelos del mundo han perdido la capacidad de producir debido principalmente a inadecuadas prácticas agrícolas con múltiples consecuencias como pérdidas de carbono, compactación del suelo, salinización y pérdida de la biodiversidad del suelo, entre otras.

El cultivo de plátano no ha sido ajeno a esta problemática y como consecuencia su producción ha disminuido en los últimos años.

La meta indudablemente es aumentar la producción conservando los recursos naturales. Para asegurar esto se deben implementar técnicas basadas en lo orgánico para devolverle al suelo su estado natural y su capacidad productora. Adoptar sistemas que permitan restaurar los suelos degradados, mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas y así generar condiciones óptimas para el desarrollo de los cultivos agrícolas.

En este trabajo se buscó mejorar la calidad del suelo a través de la creación de islas de fertilidad del suelo, utilizando la técnica de Fertilización Orgánica FBO, la cual ha sido desarrollada para mejorar la calidad del suelo en cultivos perennes.

La técnica FBO permitió recuperar suelos degradados mejorando la calidad de este. A través del aporte de materia orgánica se estimuló la biodiversidad de la fauna del suelo, esta macrofauna produjo agregados biogénicos que favorecen procesos físicos del suelo de vital importancia como la agregación, infiltración, el drenaje y por ende favorecen los procesos de almacenamiento del agua y la disminución de la erosión. Todo esto ligado a los procesos de transformación de la materia orgánica que mejoró la fertilidad química del suelo.

**Palabras claves:** Calidad del suelo, Fertilización Bio-orgánica, Restauración, Degradación, Servicios Ecosistémicos

## **Abstract**

Currently, a large part of the world's soils has lost the capacity to produce, mainly due to inadequate agricultural practices with multiple consequences such as carbon losses, soil compaction, salinization and loss of soil biodiversity, among others.

The banana crop has not been alien to this problem and as a result its production has decreased in recent years.

The goal is undoubtedly to increase production while conserving natural resources. To ensure this, organic-based techniques must be implemented to restore soil to its natural state and productive capacity. Adopt systems that allow the restoration of degraded soils, improving the physical, chemical and biological properties and thus generate optimal conditions for the development of agricultural crops.

In this work we sought to improve soil quality through the creation of islands of soil fertility, using the FBO Organic Fertilization technique, which has been developed to improve soil quality in perennial crops.

The FBO technique allowed recovering degraded soils improving the quality of this. Through the contribution of organic matter, the biodiversity of the fauna of the soil was stimulated, this macrofauna produced biogenic aggregates that favor physical processes of the soil of vital importance such as aggregation, infiltration, drainage and therefore favor the processes of water storage and the erosion decrease. All this linked to the processes of transformation of organic matter improved the chemical fertility of the soil.

**Keywords:** Soil quality, Bio-organic Fertilization, Restoration, Degradation, Ecosystem Services

# Contenido

	Pág.
<b>1.INTRODUCCIÓN</b> .....	3
1.1 Objetivo general .....	3
1.1.1 Objetivos específicos .....	3
1.2 Planteamiento del problema .....	4
1.3 Justificación .....	6
1.4 Hipótesis .....	8
<b>2.MARCO TEÓRICO</b> .....	9
2.1 Importancia del cultivo de plátano en Colombia.....	9
2.2 Los agroecosistemas, la biodiversidad y los servicios ecosistémicos .....	9
2.3 Restaurar sistemas agrícolas .....	11
2.4 Entendimiento el suelo como un sistema autoregulado.....	12
2.5 La fertilización Bio orgánica como alternativa para la restauración de suelos.....	14
2.6 Los organismos del suelo.....	15
2.7 Los ingenieros del ecosistema como actores en la creación de islas de fertilidad en el suelo .....	18
2.8 La materia orgánica en el proceso de recuperación de los suelos.....	19
2.9 El papel de las lombrices de tierra en la formación de terra preta do indio .....	20
<b>3.MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	22
3.1 Localización.....	22
3.2 Modelo conceptual.....	22
3.3 Método de fertilización bio orgánica .....	23
3.4 Diseño de tratamientos.....	22

3.5 Establecimiento del cultivo de plátano .....	24
<b>4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>27</b>
4.1 Evaluación inicial año 2017 .....	28
4.2 Variables físicas del suelo .....	29
4.3 Variables químicas del suelo .....	29
4.4 Variables de la macrofauna.....	31
4.5 Variables de la morfología ... ..	32
4.6 Evaluación final año 2018.....	34
4.7 Variables físicas del suelo.....	34
4.8 Variables químicas del suelo.....	36
4.9 Variables de las comunidades de macroinvertebrados del suelo.....	36
4.10 Morfología del suelo.....	38
4.11 Análisis de coinercia.....	39
4.12 Efecto de los tratamientos en la producción de plátano.....	43
4.13 Indicador General de la Calidad del Suelo.....	44
4.14 Determinación de materia seca en tejidos de plátano.....	45
4.15 Efecto de la materia orgánica y teja sobre la dinámica de las poblaciones de macroinvertebrados del suelo.....	46
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>6.REFERENCIAS .....</b>	<b>49</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>58</b>



## Lista de figuras

	Pág.
<b>Figura 1.</b> El suelo como sistema auto organizado de entidades biológicas-organismos de tamaños crecientes desde microorganismos hasta micro invertebrados .....	13
<b>Figura 2.</b> Ingenieros del ecosistema del suelo y la prestación de servicios ecosistémicos.....	17
<b>Figura 3.</b> Interacciones entre unidades auto organizadas a través de diferentes escalas.....	18
<b>Figura 4.</b> Ubicación finca El vergel, Palmira, Valle del Cauca.....	27
<b>Figura 5.</b> ACP de las variables físicas del suelo.....	35
<b>Figura 6.</b> ACP de las variables químicas del suelo.....	36
<b>Figura 7.</b> ACP de las variables de la macrofauna del suelo .....	37
<b>Figura 8.</b> ACP de las variables de la morfología del suelo .....	38
<b>Figura 9.</b> ACP de los subindicadores y del IGCS en todos los tratamientos .....	42
<b>Figura 10.1</b> Altura de plantas de plátano .....	43
<b>Figura 10.2.</b> Diámetro de plantas de plátano.....	44
<b>Figura 11a.</b> Distribución materia seca en el cultivo de plátano 6 meses.....	45
<b>Figura 11b.</b> Distribución materia seca en el cultivo de plátano 12 meses.....	46

## Lista de tablas

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Algunos parámetros de las estrategias adaptativas de los organismos en el suelo.....	15
<b>Tabla 2.</b> Variables físicas evaluadas .....	25
<b>Tabla 3.</b> Variables químicas evaluadas.....	26
<b>Tabla 4</b> Análisis químicos de materia orgánica de residuos de piña .....	27
<b>Tabla 4.1</b> Análisis químicos de materia orgánica de residuos de piña evaluadas en 10 semanas .....	28
<b>Tabla 5.1.</b> Anova de las variables físicas del suelo en los tres bloques.....	28
<b>Tabla 5.2.</b> Anova de las variables físicas del suelo en tres profundidades.....	29
<b>Tabla 6.1.</b> Anova de las variables químicas del suelo en los tres bloques.....	30
<b>Tabla 6.2.</b> Anova de las variables químicas del suelo en tres profundidades...	30
<b>Tabla 7.1.</b> Anova de las variables de la macrofauna del suelo en los tres bloques.....	31
<b>Tabla 7.2.</b> Anova de las variables de la macrofauna del suelo en tres profundidades.....	32
<b>Tabla 5.1.</b> Anova de las variables de la morfología del suelo en los tres bloques.....	33
<b>Tabla 5.2.</b> Anova de las variables de la morfología del suelo en tres profundidades.....	33
<b>Tabla 12.</b> ACP para grupos de variables.....	38
<b>Tabla 13.</b> Análisis de coinercia entre todos los grupos de variables .....	39
<b>Tabla 14.</b> Valores promedios de los subindicadores de los IGCS en todos los tratamientos.....	40
<b>Tabla 14.1.</b> ACP de los subindicadores y del IGSC en los tratamientos .....	41
<b>Tabla 15.</b> Valores promedio y desviación estándar de las variables agronómicas en todos los tratamientos 2018.....	45

## Lista de símbolos y abreviaturas

<b>Símbolo</b>	<b>Termino</b>
MO	Materia orgánica
RTC	Resistencia Tangencial Corte
RP	Resistencia Penetración
IGCS	Indicador General Calidad Suelo
ACP	Análisis Componentes Principales
FBO	Fertilización Bioorgánica
ADE	Anthropogenic Dark Earths

## 6. Referencias

- AGRONET. 2014. Área sembrada y área cosechada del cultivo de plátano 2007-2014. Recuperado de: <http://www.agronet.gov.co/Documents/Pl%C3%A1tano.pdf#search=platanos>. (Consultado 9 de abril 2017)
- Altieri, M.A., Funes, F. & Petersen P. 2012. Agroecologically efficient agricultural systems for smallholder farmers: contributions to food sovereignty. In *Journal Agronomy for Sustainable Development*. Vol. 32: 1–13.
- Andersson, C. 2005. Litter decomposition in the forest ecosystem – influence of trace elements, nutrients and climate. *The ESS Bulletin* 3:4-17.
- Araya, A. J, M. 2008. Agro cadena de plátano. Caracterización de la agro cadena. Ministerio de agricultura y ganadería. Direction regional hueta norte.
- Arroyo-Kalin M. 2010. The Amazonian formative: Crop domestication and anthropogenic soils. *Diversity*. 2:473–504.
- Astier, M. et al. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*. 36 (5):605
- Baldock, J. A. and Skjemstad, J. O. 1999. Soil organic carbon/soil organic matter. In *Soil Analysis: An Interpretation Manual*. (Eds K. I. Peverill, L. A. Sparrow, and D. J. Reuter.) pp. 159-170. (CSIRO Publishing: Collingwood.)
- Balian, E.V., Segers, H., Lévèque, C. and K. Martens. 2008. The freshwater animal diversity assessment: an overview of the results. *Hydrobiologia* 595(1):627-637. Doi: 10.1007/s10750-007-9246-3.
- Bautista, C., Etchevers, J., Castillo, R. ., & Gutiérrez, C. 2004. Revisiones de La Calidad del suelo y sus Indicadores. *Revista Científica Y Técnica de Ecología Y Medio Ambiente*, 2(13), 1–11. Retrieved from <http://www.aeet.org/ecosistemas/042/revision2.htm>
- Behera, B. C., Singdevsachan, S. K., Mishra, R. R., Dutta, S. K., & Thatoi, H. N. 2014. Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilising microorganism in mangrove—a review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3(2), 97–110.
- Benayas, R. 2012. Restauración de campos agrícolas sin competir por el uso de la tierra para aumentar su biodiversidad y servicios ecosistémicos. *Investigación Ambiental. Ciencia y Política Pública* 4: 101-110.

Benayas, B.; Bullock, J.M., Newton, A.C. 2008. Creating woodland islets to reconcile ecological restoration, conservation, and agricultural land use. *Fron Ecol Environ* 6:329–336.

Bossuyt, H., Six, J., Hendrix, P. 2005. Protection of soil carbon by microaggregates within earthworm casts. *Soil Biol. Biochem.* 37, 251–258.

Brown G. G., I. Barois, and P. Lavelle. 2000. Regulation of soil organic matter dynamics and microbial activity in the drilosphere and the role of interactions with other edaphic functional domains. *Eur. J. Soil Biol.* 36:177–198.

Chagüezá, Y. 2011. Alternativas biológicas para el control de nematodos Fito parásitos en cultivo del plátano. (Tesis de Maestría). Universidad nacional de Colombia. Palmira, Valle del Cauca. Pág. 19-53

Clement C. R., W.M. Denevan, M. J. Heckenberger, A. B. Junqueira, E. G. Neves, W. G. Teixeira, and W. I. Woods. 2015. The domestication of Amazonia before European conquest. *Proc. R. Soc. B.* 282:20150813.

Docampo. R. La importancia de la materia orgánica del suelo y su manejo en producción frutícola. Estación Experimental “Wilson Ferreira Aldunate” Recuperado desde: <http://www.ainfo.inia.uy/digital/bitstream/item/1199/1/128221131113111309.pdf>.

Doran, J.W. y Parkin, B.T. 1994. Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America, Inc. Special Publication. Number 35. Madison, Wisconsin, USA.

Dornelas, M., A. C. Moonen, A. E. Magurran y P. Barberi. 2009. Species abundance distributions reveal environmental heterogeneity in modified landscapes. *Journal of Applied Ecology* 46: 666-672. Ecosystem Engineers in a Self-Organized Soil: A Review of Concepts and Future Research Questions

FAO. 2008. Aumenta la degradación del suelo. Recuperado de: <http://www.fao.org/newsroom/es/news/2008/1000874/index.html>. (Consultado 17 de agosto del 2017)

FAO. 2015. Los suelos están en peligro, pero la degradación puede revertirse. Recuperado de: <http://www.fao.org/news/story/es/item/357165/icode/>. (Consultado 13 de agosto del 2017)

FAO. 2017. Departamento de Desarrollo Económico y Social. Depósitos de documentos de la FAO. Agricultura orgánica. Recuperado de: <http://www.fao.org/docrep/007/ad818s/ad818s02.htm#TopOfPage>. (Consultado 11 de agosto del 2017)

FAO. 2017. La biodiversidad del Suelo, Conservación del Suelo y Agricultura. Recuperado de: <http://www.fao.org/soils-portal/soil-biodiversity/conservacion-del-suelo-y-agricultura/es/>. (Consultado 13 de agosto de 2017)

FAO. 2011. The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia y Earthscan, Londres, Reino Unido.

Fassbender, H. W. 1982. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. IICA. San José. Costa Rica. 398 p.

Fischer J, Brosi, Daily GC, Ehrlich PR, Goldman R, Goldstein J, Linden mayer, Manning A, Mooney HA, Pejchar, Ranganathan, Tallis. 2008. Should agricultural policies encourage land sparing or wildlife-friendly farming? *Fron Ecol Environ*6: 382–387.

García, Y., Ramírez, W., & Sánchez, S. 2012. Indicadores de la calidad de los suelos : una nueva manera de evaluar este recurso. *Pastos Y Forrajes*, 35(2), 125–137. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2008.12.004>

Gómez Z. J. 2000. La materia orgánica en los agroecosistemas. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 70 p.

Gómez, J. 2000. La materia orgánica en los agroecosistemas. Cali: Feriva S.A.

Grisel de la C. 2014. Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, según resultados en Cuba. Fundación Rufford (RSGF, para la Conservación de la Naturaleza).

Ibañez, J. 2016. Microorganismos y la Estabilidad de los Agregados del Suelo [Blog]. Madrid+d. Recuperado de <http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2016/03/14/146893>. (Consultado el 23 de junio del 2017).

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y estudios Ambientales (Colombia). 2009. Segunda comunicación nacional ante la convención marco de las naciones unidas sobre cambio climático. Capítulo dos Inventario nacional de emisiones de gases de efecto invernadero. 34 p.

Iturri, L. A., & Buschiazzi, D. E. 2016. Light acidification in N-fertilized loess soils along a climosequence affected chemical and mineralogical properties in the short-term. *Catena*, 139, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.12.007>

Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Colombia.

Jiménez, J.J., Thomas, R.J. 2003. El ánodo natural: las comunidades de macroinvertebrados del suelo en las sabanas neotropicales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT. 1-10 pág.

Jones C. G., J. H. Lawton, and M. Shachak. 1994. Organisms as ecosystem engineers. *Oikos*. 69:373–386.

- Jones. C, G., Lawton, J.H., Shachark, M. 1997. Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers. *Ecology* 78(7): 1946-1957
- Karlen, D.L. et al. 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. *Soil Science Society of America J.* 61:4
- Khan, M. S., Zaidi, A., & Wani, P. A. 2009. Role of Phosphate Solubilizing Microorganisms in Sustainable Agriculture - A Review. In E. Lichtfouse, M. Navarrete, P. Debaeke, S. Véronique, & C. Alberola (Eds.), *Sustainable Agriculture* (pp. 551–570). Springer Netherlands.
- Kille, P. 2016. Soil Animals and Pedogenesis. *Soil Science*, 181(3/4), 110–125. <https://doi.org/10.1097/SS.0000000000000144>
- Kleijn, D. et al. 2006. Mixed biodiversity benefits of agro-environment schemes in five European countries. *Ecology Letters* 9: 243-254.
- Krull E.S., Skjemstad J.O & Baldock J.A. 2011. Functions of Soil Organic Matter and the Effect on Soil Properties. Grains Research and Development Corporation (GRDC). CSIRO Land & Water PMB2 Glen Osmond SA 5064
- Labrador M., J. 2001. La materia orgánica en los agroecosistemas. Ediciones Mandí Prensa, Madrid.
- Lara, C., Villalba, M., and Oviedo, L. 2007. Bacterias fijadoras asimbióticas de nitrógeno de la zona agrícola de San Carlos. Córdoba, Colombia. *Revista Colombiana de Biotecnología*. IX (2):6-14
- Lavelle, P. 1988. Earthworms activities and soil system. *Biology and Fertility of soil* 6, 237-251. In: Pankhurst, C., Doube, B.M. y Gupta, V.V.S.R. (eds.). *Biological Indicators of soil Health*. Cab International, Oxon, UK, pp. 266.
- Lavelle. P. 1996. Diversity of soil fauna and ecosystem function.
- Lavelle, P., 1997. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function. *Advances in Ecological Research* 27, 93–132.
- Lavelle, P. and Spain, A. 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- Lavelle, P; T. Decaëns, M. Aubert, S. Barot, M. Blouin, F. Bureau, P. Margerie, P. Mora, J.-P. Rossi. 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology* 42 S3-S15
- Lavelle, P; et al. 2016. *Soil Science* Volume 181, Number 3/4, March/April.
- Lee K. E. 1983. Soil animals and pedological processes. In: CSIRO Division of Soils. *Soil: An Australian Viewpoint*. London, Academic Press, pp. 629–644.

Lindemann-Matthies, P., X. Jung y D. Matthie D. 2010. The influence of plant diversity on people's perception and aesthetic appreciation of grassland vegetation. *Biological Conservation* 143: 195-202.

Marie-Madeleine Coûteaux, John F. Darbyshire. 1998. Functional diversity amongst soil protozoa, *Applied Soil Ecology*, Volume 10, Issue 3, Pages 229-237.

Mendoza, B. 2010. Efecto de la aplicación de abono orgánico en la calidad física, química y biológica de dos suelos bajo diferentes sistemas de usos y manejo de la zona semiárida, Quíbor-estado Lara. Facultad de Agronomía, UCV. 250 p.

Mukherjee A, Lal R 2013 Biochar impacts on soil physical properties and greenhouse gas emissions. *Agronomy* 3:313–339

Neves E. G., J. B. Petersen, R. N. Bartone, and C. A. Da Silva. 2003. Historical and socio-cultural origins of Amazonian dark earth. In: Lehmann J., D. C. Kern, B. Glaser, and W. I. Woods (eds.). *Amazonian Dark Earths: Origin, Properties, Management*. Kluwer, Dordrecht, the Netherlands, pp. 105–124.

Odlare M., K. Svensson, and M. Pell. 2005. Near infrared reflectance spectroscopy for assessment of spatial soil variation in an agricultural field. *Geoderma* 126: 193—202.

Paul, E.A., Clark, F.E., 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*, 2nd ed. Academic Press Inc., San Diego, CA, USA.

Pengue, W.A. 2010. Suelo virtual, Biopolítica del territorio y Comercio Internacional. En *Revista Fronteras*. No. 9: 15-27.

Phalan B, Onial M, Balmford A, Green R. 2011. Reconciling Food Production and Biodiversity Conservation: Land Sharing and Land Sparing Compared. *Science* 333 (6047), 1289-1291.

Prajapat K., Sharma M.C. y Modi H.A., 2013. Growth promoting effect of potassium solubilizing microorganisms on okra (*Abelmoscus esculants*). *Intl. Journal of Agr. Sci and Res (IJASR)*. ISSN 2250-0057 Vol. 3, Issue 1, Mar 2013, 181 – 188.

Pulleman, M.M., Six, J., Uyl, A., Marinissen, J.C.Y., Jongmans, A.G. 2005. Earthworms and management affect organic matter incorporation and microaggregate formation in agricultural soils. *Appl. Soil Ecol.* 29, 1–15.

Ramírez, M. 2004. Indicadores de estado: factores biológicos que limitan la calidad agrícola de los suelos. En: *Primer Taller Nacional sobre indicadores de calidad de suelo*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Palmira, Colombia

Rehm, G. y Schmitt M. 2002. Potassium for crop production. Retrieved February 2, 2011, from Regents of the University of Minnesota. Disponible en; <http://www.extension.umn.edu/distribution/cropsystems/dc6794.html>.



Rodríguez, A. P. 2008. Manual de Prácticas de Laboratorio de Mecánica de Suelos I, 19.

Román P., Martínez M., Pantoja A. 2013. Manual de compostaje del agricultor. Experiencias en América Latina. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Santiago de Chile. Recuperado de: [<http://www.fao.org/docrep/019/i3388s/i3388s.pdf>].

Romig, D.E., Garlynd, M.J., Harris, R.F. y McSweeney, K. 1995. How farmers assess soil health and quality. *J. Soil Water Conservation* 50: 229-236.

Rubiano, Y; et al. 2004. Sistema georreferenciado de indicadores de calidad de suelos para los llanos orientales de Colombia, estudio del caso: municipio de Puerto López, Meta. En: Memorias XVI Congreso Latinoamericano-XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo. Colombia.

Sanchez de Prager, M., & Gomez, E. 2003. EL SUELO. Las micorrizas los fijadores de nitrógeno y la economía en los agroecosistemas (1st ed.).

Sancllemente, R. O.E. 2013. 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.*) y soya (*glycine max l.*) Tesis doctorado. Universidad Nacional de Colombia. Palmira, Colombia. Recuperado desde: <https://mail.google.com/mail/u/0/#sent/15e3a0976f3cd64f?projector=1>

Senapati B.K., Lavelle P., Panigrahi P.K., Giri S., y Brown G.G. 1999. Restoring soil fertility and enhancing productivity in Indian tea plantations with earthworms and organic fertilizers. Recuperado de [http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/scpi/SCPI\\_Compendium/Restoring\\_soil\\_fertility\\_and\\_enhancing\\_productivity\\_in\\_Indian\\_tea\\_plantations.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/scpi/SCPI_Compendium/Restoring_soil_fertility_and_enhancing_productivity_in_Indian_tea_plantations.pdf)- (Consultado 13 de mayo del 2017).

Seybold, C.A. et al. 1997. Quantification of soil quality. In: Soil process and the carbon cycle. (Eds. R. Lal et al.). CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. p. 387

Silvio L. Belalcazar Carvajal, J. C. 1991. El cultivo de plátano en el trópico. (J. C. Silvio L. Belalcazar Carvajal, Ed.) Cali, Colombia: FERIBA. (Recuperado el 13 de 08 de 2017)

Singer, M.J. & Ewing, S. 2000. Soil quality. In: Handbook of soil science. (Ed. M.E. Sumner). CRC Press. Boca Raton, Florida, USA. p. 271

SOIL SURVEY DIVISION STAFF (SSDS). 1993. Soil survey manual. Handbook N°. 18. USDA. Washington D. C. 437 p.

Sparling, G.P. 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling, as indicators of soil health. In: Biological indicators of soil health (Eds. C.E. Pankhursts, B.M. Doube y V.S.R. Gupta). CAB International. Oxon, UK. p. 97

SQI-Soil Quality Institute. 1996. Indicators for soil quality evaluation. USDA natural resources conservation service. The National Soil Survey Center / The Soil Quality Institute, NRCS, USDA / The National Soil Tilth Laboratory, Agricultural Research Service. USA.

Suñer, L.G., & Galantini, J.A. 2012. Fertilización fosforada en suelos cultivados con trigo de la región sudoeste pampeana. En Revista Ciencia del Suelo Argentina. Vol. 3(1): 57- 66.

Swift, M.J., Anderson, J.M., 1993. Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems. In: Schulze, E.D., Mooney, H.A. (Eds.), Biodiversity and Ecosystem Function. Ecological Studies 99, Springer, Heidelberg, pp. 15-41.

Sylvia M, Fuhrmann J, Hartel P, Zuberer D. 1995. Principles and applications on soil microbiology. Second Edition. Prentice Hall. New Jersey. 640p.

Taiz, L., & Zeiger, E. 2006. Fisiología vegetal (Tercera ed). Castelló de la Plana: Universitat Jaume. 581p.

The World of Organic Agriculture" at BIOFACH 2018. Helga Willer and Julia Lernoud: The World of Organic Agriculture 2018

Ullman W.J., Kirchman D.L. y Welch S.A. 1996. Laboratory evidence for microbially mediated silicate mineral dissolution in nature. Chemical Geology 132:11-17.

Velásquez, E. 2009. Los protagonistas de la restauración de la calidad del suelo avances y desafíos. Suelos Ecuatoriales 39 (1): 77-87.

Velásquez, E. 2013. Indicadores de servicios ambientales del suelo en paisajes rurales Fundamentos de la Restauración Ecológica de Bosques. Presentación Power Point. (Consultado 13 de agosto del 2017)

Velasquez, E., Fonte, S.J., Barot, S., Grimaldi, M., Desjardins, T., Lavelle, P. 2012. Soil macro fauna-mediated impacts of plant species composition on soil functioning in Amazonian pastures. Applied Soil Ecology 56, 43–50.

Velasquez, E., Lavelle, P., & Andrade, M. 2007. GISQ, a multifunctional indicator of soil quality. Soil Biology and Biochemistry, 39(12), pp. 3066–3080. Recuperado de: <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.06.013>

Velasquez, E.; Lavelle, P.; Barrios, E.; Joffre, R.; Reversat, F. 2005. Evaluating soil quality in tropical agroecosystems of Colombia using NIRS. Soil Biology & Biochemistry, v. 37, pp. 889-898.

Velázquez, E.; Lavelle, P.; Grimaldi, M.; Martins, M.; Brunet, D; Pelosi, C.; Rendeiro, Ac.; Barrios, E. 2007. This ped is my ped: Visual separation and near infrared spectra allow determination of the origins of soil macroaggregates. Pedobiologia, v. 51, pp. 75-87.