



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

**Caracterización socioeconómica y biofísica de fincas
productoras de plátano y banano en el Valle del Cauca**

Claudia Fernanda Millán Carvajal
Ingeniera agrícola

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
Palmira, Colombia
2018

CARACTERIZACIÓN SOCIECONÓMICA Y BIOFÍSICA DE FINCAS PRODUCTORAS DE PLÁTANO Y BANANO EN EL VALLE DEL CAUCA

Claudia Fernanda Millán Carvajal

Ingeniera Agrícola

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar por el título de:

MAGISTER EN CIENCIAS AGRARIAS

Directora:

Elena Velásquez Ibáñez Ph.D

Codirector

Patrick Marie Lavelle Ph.D

Línea de Investigación:

SUELOS

Grupo de Investigación:

USO Y MANEJO DE SUELOS Y AGUAS CON ÉNFASIS EN DEGRADACIÓN DE
SUELOS

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS AGRÍCOLAS

Palmira, Colombia

2018

El mundo que compartimos nos ha sido dado en confianza, pues cada decisión que tomamos respecto a la tierra, aire y agua que nos rodean, deberían ser tomadas con el objetivo de enseñar a cuidarlas y preservarlas, para todas las generaciones futuras.

August A. Bus III

Agradecimientos

A Dios por permitirme lograr cada uno de los logros propuestos en esta etapa de formación.

A la Gobernación del Valle del Cauca por permitirme participar en esta maravillosa investigación y dar un aporte a la innovación y desarrollo del país

A los agricultores del Valle del Cauca por permitirme entrar no solo en sus hogares o cultivos, sino también en sus vidas, compartiendo experiencias de vida y quedándose en un lugar importante en mi corazón.

A la profesora Elena y el profesor Patrick por mostrarme sus sabios conocimientos, además de darme la oportunidad de aprender de ellos durante este proceso de formación.

A los profesores Creuci María Caetano y Carlos Iván Cardozo por su constante apoyo incondicional y creer en mí durante este proceso.

A José René Jiménez Cardona por darme todo su apoyo y brindarme su conocimiento en el fascinante mundo de la agronomía.

A la Profesora Ángela Londoño y sus estudiantes graduadas Ángela y Catherine por colaborar con los agricultores en el componente socioeconómico.

Al equipo CIAT por brindarme un espacio de trabajo y amistad para el desarrollo de las actividades en el laboratorio de Biología del suelo.

A mi familia por tener la paciencia de sufrir mi ausencia durante todo este proceso y tener toda la fe y el amor dispuesto hacia mí, para poder culminar todos los objetivos propuestos.

Resumen

La producción de plátano y banano en el Valle del Cauca es una fuente potencial en la economía, seguridad y soberanía alimentaria, pero su rendimiento y productividad ha disminuido considerablemente, debido a las prácticas convencionales empleadas en campo, deteriorando progresivamente los factores físicos, químicos y biológicos del suelo durante los últimos años. Estas prácticas convencionales se encuentran asociadas a las actividades socioeconómicas de los productores y el mal manejo agronómico en las unidades productivas por uso excesivo de agroquímicos, erosión del suelo, monocultivos, plantaciones antiguas y poca asociación con otros cultivos, conllevando al empobrecimiento del suelo, reduciendo considerablemente su fertilidad, calidad y sanidad. El objetivo de este trabajo se centró en analizar y correlacionar las variables socioeconómicas, el sistema de producción y la calidad del suelo en 20 fincas seleccionadas de 8 municipios representativos en la producción de plátano y banano en departamento del Valle del Cauca. Se realizó una encuesta a 100 agricultores, en cuanto a presencia y/o ausencia de plagas y enfermedades, su control y sistemas de producción. A partir de esta información, se seleccionaron 20 fincas a las cuales se les realizó una nueva encuesta estableciendo variables socioeconómicas, demográficas, sistemas de producción y enfermedades. Posteriormente se realizó una caracterización biológica identificando la presencia de macrofauna, nematodos fitoparásitos y una caracterización edafológica del suelo. Finalmente por medio de los resultados obtenidos, se generó un indicador general de la calidad del suelo (IGCS).

Palabras claves: Musáceas, Calidad del suelo, Conservación del suelo.

Abstract

The production of bananas in the Valle del Cauca is a potential source in the economy, safety and food sovereignty for the peasant communities, but its performance and productivity has declined considerably, due to the conventional practices employed in field, deteriorating the physical, chemical, and biological factors of the soil during the past few years. These conventional practices are associated with the socioeconomic activities of the producers and the bad agronomic handling in the productive units by excessive use of petrochemicals, soil erosion, monocultures, ancient plantations and few associations with other cultivation, bearing to the impoverishment of the soil, reducing greatly its fertility, quality and health. A survey was done to 100 farmers, in terms of the presence and/or absence of pests and diseases, their control and production systems. From this information, selected 20 farms which are conducted a new survey by establishing socioeconomic variables, demographic, production systems and diseases. Subsequently, a biological characterization was carried out identifying the presence of the fauna, new list nematodes and a physical characterization of the soil in terms of morphology, humidity, porosity, textural class, apparent and real density, resistance Tangential to cutting and penetration, in addition to the chemical evaluation of minor elements, AL and interchangeable bases, pH, organic matter, cationic exchange capacity and electrical conductivity. Finally, by means of the results obtained, it was able to suggest a general indicator of the quality of the soil (IGCS), that could be readily implemented in the field, for the identification of strengths and weaknesses in the cultures of the productive units.

Keywords: Soil quality, Soil conservation, paradisiac Mussa.

Contenido

	Pág.
Lista de figuras.....	IX
Lista de tablas	XI
Lista de abreviaturas.....	XII
Introducción	13
1. Planteamiento del problema.....	15
1.1 Hipótesis	16
1.1.1 Hipótesis general.....	16
1.1.2 Hipótesis alterna.....	16
1.2 Objetivos.....	17
1.2.1 Objetivo General	17
1.2.2 Objetivos Específicos	17
1.3 MARCO TEÓRICO.....	18
1.3.1 El cultivo de plátano en Colombia y el mundo	18
2. CARACTERIZACIÓN SOCIOECONÓMICA DE LAS UNIDADES PRODUCTIVAS ...	20
2.1 Localización de las zonas de estudio	20
2.2 Primera fase: evaluación 100 fincas	20
2.3 Análisis Correspondencia Múltiple (ACM).....	22
2.4 Análisis Componentes Principales (ACP)	24
3. Segunda fase: selección 20 fincas	26
3.1 Análisis de comportamiento de la producción.....	27
3.2 Variables Demográficas	29
3.3 Variables Geográficas	31
3.4 Sistemas de producción	33
3.5 Enfermedades	35
4. CARACTERIZACIÓN BIOFÍSICA.....	36
4.1. Evaluación de la macrofauna del suelo	37
4.2 Componente Principal Macrofauna del suelo	40
4.3 Evaluación Nematodos fitoparásitos y de vida libre de raíz y suelo	42
4.4 Extracción de nematodos de raíz y suelo	44
4.5 Componentes principales Géneros Nematodos Raíz y Suelo.....	46

4.6 Componentes principales nematodos Endoparásitos y Ectoparásitos de raíz y suelo	48
4.7 Evaluación morfología del suelo.....	49
4.8 Componentes principales morfología del suelo	51
4.9 Evaluación propiedades físicas	52
5. Componentes física del suelo	56
5.1 Evaluación propiedades químicas del suelo.....	58
5.2 Componente propiedades químicas.....	59
3. SUBINDICADORES E INDICADOR DE CALIDAD DEL SUELO	60
3.1 Evaluación Subindicadores de calidad del suelo.....	63
3.2 Componente Subindicadores Biológicos y Físico-Químicos e Indicador General.....	65
3.3 Indicador General Calidad del suelo (IGCS)	67
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
4.1 Conclusiones	71
4.2 Recomendaciones	72
ANEXOS.....	73
Anexo A. Encuesta Exploración inicial picudos 100 fincas de plátano y banano en el Valle del Cauca.....	74
Anexo B. Encuesta de diagnóstico técnico y socioeconómico aplicado a 20 fincas productoras de plátano y banano en el Valle del Cauca.....	76
Anexo C. Base datos iniciales para clasificación 100 fincas productoras de plátano y banano en el Valle del Cauca	78
Anexo D. Caracterización Socioeconómica 20 fincas productoras de plátano y banano en el Valle del Cauca	90
Anexo E. Registro Fotográfico de Análisis Biológicos (Macrofauna y Nematodos) de 20 fincas productoras de plátano y banano en el Valle del Cauca	111
Anexo F. Tablas de Rangos y Promedios componentes Biológicos, Físicos y Químicos de 20 fincas productoras de plátano y banano en el Valle del Cauca.....	116
BIBLIOGRAFÍA	124

Lista de figuras

	Pág.
Ilustración 1. Distribución de Municipio evaluados.....	21
Ilustración 2. ACM 100 fincas. (A) Variables categóricas y (B) Municipios.....	24
Ilustración 3. ACP 100 fincas. (A) Variables Numéricas y (B) Municipios.....	25
Ilustración 4. Distribución de fincas evaluadas.....	26
Ilustración 5. Variables Socioeconómicas generales (A) y Municipios (B).....	28
Ilustración 6. Variables Demográficas (A) y Municipios (B).....	30
Ilustración 7. Variables Geográficas (A) y Municipios (B).....	32
Ilustración 8. Sistemas de Producción (A) y Municipios (B)	34
Ilustración 9. ACM 20 fincas. (A) Enfermedades y (B) Municipios.....	36
Ilustración 10. Distribución de puntos de muestreo de macrofauna en campo.....	39
Ilustración 11. Punto de muestreo – Trabajo con agricultores – Extracción macrofauna.	39
Ilustración 12. ACP Macrofauna 20 fincas. (A) Macrofauna y (B) Municipios.....	42
Ilustración 13. Punto de muestreo - Extracción muestras raíz y suelo	44
Ilustración 14. Preparación muestras nematodos de raíz	45
Ilustración 15. preparación muestras nematodos de suelo	45
Ilustración 16. ACP Géneros de nematodos 20 fincas. (A) Nematodos y (B) Municipios.	47
Ilustración 17. ACP Hábitos Endoparásitos y Ectoparásitos 20 fincas. (A) Nematodos y (B) Municipios.....	49
Ilustración 18. Extracción muestras morfología del suelo	50
Ilustración 19. Separación diferentes agregados del suelo	50
Ilustración 20. ACP Agregados del suelo 20 fincas. (A) Morfología y (B) Municipios. ..	52
Ilustración 21. Preparación y análisis textura del suelo.....	55
Ilustración 22. ACP Propiedades físicas del suelo 20 fincas. (A) Física y (B) Municipios.	57
Ilustración 23. ACP Propiedades químicas del suelo 20 fincas. (A) Química y (B) Municipios.	60
Ilustración 24. Componentes del suelo y su interacción.....	62
Ilustración 25. ACP Indicador propiedades biológicas y físico-químicas 20 fincas. (A) indicador y (B) Municipios.	67
Ilustración 26. Análisis de Componentes Principales (ACP), Indicador General (IGQS) de 20 fincas. (A) Variables Indicador – Subindicadores Biológicos y (B) Municipios.....	69

Lista de tablas

	Pág.
Tabla 1. Distribución del cultivo de Plátano por municipio en el departamento.....	19
Tabla 2. Altitud y número de fincas por municipio.	21
Tabla 3. Características geográficas de 20 fincas.	26
Tabla 4. Indicadores Biológicos, Físicos y Químicos.....	37
Tabla 5. Valores de Subindicadores Biológicos y Físico-químicos.	65
Tabla 6. Valores de Subindicador Nematodos de raíz y suelo.	66

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Subíndice	Término	Símbolo
MO	Materia orgánica	%
RTC	Resistencia Tangencial Corte	Kpa
RP	Resistencia Penetración	Kpa
IGCS	Indicador General Calidad Suelo	
ACP	Análisis Componentes Principales	
ACM	Análisis Correspondencia Múltiple	

BIBLIOGRAFÍA

1. Abascal, E., & Landaluce, M. I. 2000. Métodos factoriales de análisis de tablas múltiples como técnicas de validación de los resultados de un análisis de componentes principales. In A. de E. Aplicada (Ed.), *XIV Reunión ASEPELT* (p. 21). Oviedo, España. <http://doi.org/84-699-2357-9>.
2. Altieri, M. A., Nicholls, C. 2006. Optimizando el manejo agroecológico de plagas a través de la salud del suelo. *Agroecología*, ISSN 1887-1941, (1):29-36.
3. Álvarez, E., Ceballos, G., Gañán, L., Rodríguez, D., Gonzáles, S., Pantoja, A. 2013. Producción de material de “siembra” limpio en manejo de las enfermedades limitantes de plátano. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1 p.
4. Anderson, J. P. E. And Ingram, J. S. I. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of methods*. CAB International. Oxon, UK. 44-45 p.
5. Araya M., M. Centeno & W. Carrillo. 1995. Densidad poblacional y frecuencia de los nematodos parásitos de banano (*Musa AAA*) en nueve cantones de Costa Rica. *CORBANA* 20(43) p. 6-11
6. Arias, P. C; Dankers, P. Liu y P. Pilkauskas. 2004. La economía mundial del banano 1985-2002. En: *Estudios FAO productos básicos 1*, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/007/y5102s/y5102s00.pdf>. 95 p.
7. Armendáriz, I., Landázuri, P., Ulloa, S. 2014. Buenas prácticas para el manejo y control del picudo del plátano *Cosmopolites sordidus*, en Ecuador. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. IASA.
8. Asociación de Bananeros de Colombia, Augura, Proyecto Repcar. (2009). Identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano, Magdalena y Urabá, Colombia. “Reducción del escurrimiento de plaguicidas al mar Caribe”. Recuperado el 19 de septiembre de 2016 de <http://cep.unep.org/repcar/proyectosdemostrativos/colombia1/publicaciones-colombia/plagas-defintiva.pdf>
9. Barros, E., Curmi, P., Hallaire, V., Chauvel, A., Lavelle, P. 2001. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. *Geoderma* 100. 193-213 p.
10. Belalcázar, C .S., Baena, A.H., Valencia, M.J.A., Martínez, G.A. 1990. Estudios sobre densidades de población. p 63-76. in: Belalcázar, C.S., Buriticá, C.P., Torregroza, C.M., Toro, M.J., Jaramillo, G.O., Baena, A.H., Valencia, M.J.A. Generación de tecnología para el cultivo y producción rentable de plátano en la zona cafetera central colombiana. Creced Quindío, ICA Armenia, Regional Nueve. Informe Técnico. Armenia, Quindío,

Colombia.

11. Belalcazar, S. & Merchan, V. 1991. Control de enfermedades. En: Belalcazar, S. (Ed). El cultivo del plátano (*Musa AAB Simmonds*) en el trópico. Manual de Asistencia Técnica No. 50, CENICAFE, Cali. 241-297 p.
12. Blanchart, E., Albrecht, A., Alegre, J., Duboisset, A., Gilot, C., Pashanasi, B., Lavelle, P., Brussaard 1999. L. Effects of earthworms on soil structure and physycal properties In: Lavelle, P., Brussaard, L., Hendrix, P. (eds) 1999. Earthworm Management in Tropical Agroecosystems. CAB International, Oxon, UK. 149-172 p.
13. Cabrales L. 1995. Determinación del sitio de muestreo de raíces en estudios nematológicos del banano. ASCOLFI 19(1) 129-135 p.
14. Cabrera, G. de la C. 2014. Manual práctico sobre la macrofauna edáfica como indicador biológico de la calidad del suelo, resultados en Cuba. Foundation Ruffor.
15. Castaño, Z. J. & Salazar, H. 1998. Illustrated guide for identification of plant pathogens. University of Caldas. Manizales, Colombia. 74-98 p.
16. Cardona, A.J.H., Franco, G., Belalcazar, C.S., Giraldo, C.A. 1991. Validación y ajuste de tecnología sobre prácticas de siembra V manejo de plantaciones. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA. Creced Quindío, Regional Nueve. 28 p (Mimeografiado). Armenia, Quindío, Colombia.
17. Castedo, O. E. 2010. Guía metodológica para la implementación, el manejo y el aprovechamiento de sistemas agroforestales. DED Servicio Alemán de Cooperación Social-Técnica. La Paz, Bolivia. 3ra Edición.
18. Chagüeza, V. Y. 2011. Tesis Maestría: Alternativas Biológicas para el control de Nematodos Fitoparásitos en cultivo del Plátano. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 24-25 p.
19. Chessel, D., Dufour, A.B., Thioulouse, J. The ade4 package one-table methods. R News 4, 5–10, 2004.
20. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. (2006). Manejo sostenible del cultivo del plátano. Recuperado en mayo 5 de 2104, de <http://www.corpoica.org.co/sitioweb/Archivos/Publicaciones/Cultivodelplatan.pdf>.
21. CORECAF (Corporación Ecuatoriana de Cafetaleras y Cafetaleros), 2000. Determinación de los parámetros técnicos para plantaciones tradicionales y plantaciones tecnificadas de café arábico y robusta.
22. Curry, J. P. Grassland Invertebrates Ecology, influence on soil Fertility and Effects on Plant Growth. Chapman and Hall, London, 437p. In: Pankhurst, C., Doube, B. M. and Gupta, V. V. S. R. (eds). Biological Indicators of soil Health. Cab international, Oxon, UK, 266 p.

23. Dahnke, W. C., Jonson, G. V. 1990. Testing soil for available nitrogen. 127-139 p. In Westerman, R. L. (ed). Soil testing and lant análisis. 3rd ed. SSSA Book series 3. SSSA, Madison, WI.
24. Decaëns, T., Galvis, J. H., Amézquita, E. 2001. Propriétés des structures produites par les ingénieurs écologiques á la surface su sol d'une savane colombienne. C.R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie 324. 465-478 p.
25. Delgado, B, U. 2015 -2018. Desarrollo de tecnologías innovadoras para el manejo integrado de plagas y enfermedades limitantes de plátano y banano en el Valle del Cauca. Gobernación del Valle del cauca Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, ICA, Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, Universidad del Valle Corpoica. 3 p.
26. Diouf, M. N. 2003. Les communautés fongiques des structures de récolte de plusieurs espèces de termites Macrotermitinae: origine et évolution. Doctorate, Paris XII. 165 p.
27. Doran, JW., Parkin, TB. 1994. Defining and assessing soil quality. *In* Doran, JW; Coleman, DC; Bezdicek, DF; Steward, BA. eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Spec. Publ. No. 35. SSSA y ASA, Inc. Madison, WI. . 3-21 p.
28. Doube, B. M., Stephens, P. M., Davoren, C. W., and Ryder, m. H. 1994. Interactions between Earthworms, beneficial soil microorganism and root pathogens. *Applied Soil Ecology* 1,3 – 10 p.
29. Dumanski, J. 1994. Indicators and their utilization in a framework for evaluation of sustainable land management. *Proceedings of the International Workshop on sustainable land management for the 21st Century. Vol. 1: Workshop Summary. The Organizing Committee. International Workshop on Sustainable Land Management. Agricultural Institute of Canadá. Ottawa, Canadá. 832 p.*
30. Dray, S., Dufour, A.B. The ade4 package: implementing the duality diagram for ecologists. *J. Stat. Soft.* 22, 1–20, 2007.
31. Dray, S., Dufour, A.B., Chessel, D. The ade4 package-II: two-table and K-table methods. *R News* 7, 47–52, 2007.
32. Edwards, C. A, and Bohlen, P. J. 1996. *Biology and Ecology of Earthworms.* Chapman and Hall, London. *In*: Pankhurst, C., Doube, B. M. and Gupta, V. V. S. R. (Eds.). *Biological Indicators of soils Health.* Cab. International, Oxon, UK. 266 p.
33. Espinal, C. F., Martínez, H. J., Peña, Y. 2005. La cadena de plátano en Colombia. Una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005.

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de Trabajo No. 61. <http://www.agrocadenas.gov.co>.
34. FAO. 2004. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. CR 1/123. FAO, Rome.
 35. FAO. 2005. Manual de Agricultura de conservación para Nicaragua, Adaptado del Manual de la FAO sobre Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible – FAO 2005. Nicaragua.
 36. FAO. 2007. Agricultura de conservación para el manejo sostenible e integrado de los recursos naturales en microcuencas hidrográficas de Nicaragua. Manual para extensionistas. Nicaragua 2007.
 37. FEDEPLATANO. 2009. Plan de acción de la cadena para el occidente del país. <http://alcoholsostenible.com/fedeplatano/documentos.html> http.
 38. Ferris, H., Bongers, T. y Goede, R. G. M. (2001) 'A framework for soil food web diagnostics: Extension of the nematode faunal analysis concept', *Applied Soil Ecology*, vol. 18. 13-29 p.
 39. FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA FHIA. 2007. Bananos y Plátanos de la FHIA para la seguridad alimentaria. FHIA Informa Año 15 Vol. 1. 6-8 p.
 40. González CC; Aristizábal LM. 2014. Evaluación de un producto nematicida sobre nemátodos fitoparásitos del plátano Dominic Hartón (*Mussa AAB*). Universidad de Caldas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Revista Acta Agronómica No. 63 (1) 2014. Pp 71-79.
 41. Ihaka, R., Gentleman, R. R: a language for data analysis and graphics. *Comput. Graph. Stat.* 5, 299–314, 1996.
 42. Instituto Colombiano Agropecuario ICA. 2013. Propuesta de intervención fitosanitaria para la identificación, manejo y erradicación de focos con Moko *Ralstonia solanacearum* raza 2 y Mal de panamá en las plantaciones de plátano y banano en el Valle del Cauca.
 43. Lavelle, P., Barros, E., Blanchart, E., Brown, G., Desjardins, T., Mariani, L., Rossi, J. P. 2001. SOM management in the tropics: Why feeding the soil macrofauna Nutrient Cycling in Agroecosystems. 61. 53 – 61 p.
 44. Lee, K. E. And Foster, R. C. 1991. Soil fauna and soil structure. *Australian Journal of Soil Research* 29. 745-775 p.
 45. Linden, D. R., Hendrix, P. F., Coleman, D. C. And Van Vleet, P. 1994. Faunal indicators of soils Quality. In: Pankhurst, C., Doube, B. M. and Gupta, V. V.

- S. R. (eds.). biological Indicators of soils Health. Cab. International, Oxon, UK. 265 p.
46. Langmaack, M., Schrader, S., Rapp-Bernhardt, U., Kotzke, K. 2002. Soil structure rehabilitation of arable soil degraded by compaction. *Geoderma* 105. 141-152 p.
47. Lavelle, P. 1988. Earthworms activities and soil system. Biology and fertility of soil 6, 237-252 p. In: Pankhurst, C., Doube, B. M. and Gupta, V. V. S. R. (eds.). biological Indicators of soils Health. Cab. International, Oxon, UK. 266 p.
48. Lavelle P., Bignell D., Austen M., Giller P., Hawkins S., Brown V., Behan-Pelletier V., Garey J., Hunt B., Paul E. & Brown G. 2004. Vulnerability of ecosystem services at different scales: role of biodiversity and implications for management. . In: *Sustaining Biodiversity and functioning in soils and sediments*. (ed. Wall D). Island Press, New York.
49. Lavelle P., Bignell D., Lepage M. 1997. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur. J. Soil. Biol.* 33(4): 159-193 p.
50. Londoño M, A. M. 2016. Tesis Doctoral: Adopción Potencial de Alternativas Biológicas por cultivadores de Plátano del Quindío. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira.
51. Luc M., D. Hunt & J. Machon. 1990. Morphology, anatomy and biology of plant parasitic nematodes a Synopsis. In: *Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture*. (M. Luc, R. Sikora and J. Bridge, eds.). CAB International. London. 1-44 p.
52. MADR, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2011. Anuario estadístico del sector agropecuario y pesquero 2010. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/www/htm3b/public/Anuario/anuarioEstadistico2010.pdf> [consultado el 7 de octubre de 2011].
53. Maraun, M., Alpehi, J., Bonkowski, M., Buryan, R., Migge, S., Peter, M., Schaefer, M., Scheu, S. 1999. Middens of the earthworm *Lumbricus terrestris* (Lumbricidae) microhabitats for micro and mesofauna in forest soil. *Pedobiology* 43 276-287 p.
54. Mando, A., and R. Miedema. 1997. Termite induced change in soil structure after mulching degraded (crusted) soil in the Sahel. *Appl Soil Ecol* 6. 241-249 p.
55. Martín, A. 1991. Short and long-term effects of the endogeic earthworm *Milsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical

- savannas, on soil organic matter. *Biol. Fertil Soil* 11. 234-238 p. In Lavelle, P., Barros, E., Blanchart, E., Brown, G., Desjardins, T.
56. Martínez C, H; Peña M, Y. 2006. La cadena de banano en Colombia una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agro cadenas Colombia. Documento de trabajo número 101. Bogotá. pp 25-27.
57. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2005. La cadena de plátano en Colombia (Documento de trabajo No. 61). Bogotá.
58. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2013. Estadística de cadena productiva en plátano para el departamento del valle del cauca en algunos municipios de estudio, Agronet, 2013 <http://www.agronet-gov.co>.
59. Pankhurst, C. E., Hawke, B. G., MacDonald, H. J., Kirkby, C. A., Bucerfield, J. C., Michelson, P., O'Brien, K. A., Gupta, V. V. S. R and Doube, B. M. 1995. Evaluation of soil biological properties as potential bioindicators of soil health *Australian Journal of Agricultural research* 35. 1015-1028 p.
60. Pankhurst, C. E., Ophel-Keller, K., Gupta, V. V. S. R and Doube, B. M. 1996. Biodiversity of soil Microbial communities in agricultural systems. *Biodiversity and Conservation* 5. 197-209 p.
61. Paoletti, M. G., (ed). 1999. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. Elsevier Science B. V Park, J. And Cousins, S. H. 1995. Soil biological health and agroecological change. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 56. 137-148 p.
62. Parmelee, R. W., Boleen, P. J., Blair, J. 1998. Earthworms and nutrient cycling processes: Integrating across the ecological hierarchy. In Lavelle, P., Barros, E., Blanchart, E., Brown, G., Desjardins, T., Mariani, L., Rossi, J. P. 2001. SOM Management in tropics: Why feeding the soil macrofauna. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 149-172 p.
63. Pérez, C. *Estadística practica con STAT GRAPHICS*. Madrid.:Prentice Hall, 2002.
64. Pérez, C. *Técnica de análisis multivalente de datos. Aplicaciones con SPSS*. Madrid: Pearson, 2004.
65. Pla, I. 1988. Desarrollo de índices y modelos para el diagnóstico y prevención de la degradación de suelos agrícolas en Venezuela. Caracas, Venezuela. Banco Consolidado, 1989. 58 p.
66. Posada, F. C & Avendaño, O. A. 2007. Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una revisión. *REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS* - Vol. 1 - No.2 - pp. 246-257, 2007

67. Procter, D. L. C. (1990) 'Global overview of the functional roles of soil-living nematodes in terrestrial communities and ecosystem', *Journal of Nematology*, vol. 22, no. 1. 1–7 p.
68. Román, J. 1978. Fitonematología tropical. Colegio de Ciencias Agrícolas. Universidad de Puerto Rico. 256 p.
69. Roldán, D., Salazar M., Gonzáles F., Peña Y. 2004. La cadena de plátano en Colombia. Observatorio Agrocadenas Colombia - Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Observatorio Agrocadenas Colombia. Documento de Trabajo No. 17. <http://www.agrocadenas-gov.co>
70. Muñoz, R. C. 2007. Fluctuación poblacional del picudo negro (*Cosmopolites sordidus* Germar) del plátano (*Musa AAB*) en San Carlos, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica – Revista Tecnología en Marcha. Vol. 19 - fascículo 1.
71. Ruiz, M. P., Urueña del Valle, M. A. 2009. Situación actual y perspectivas del mercado del plátano. ERS MIDAS CROPS. Octubre de 2009.
72. Serrano, E. 2003. Relación entre los contenidos de raíz funcional y la productividad de banano en Costa Rica. In INIBAP-CORBANA ed. Banana root system: toward a better understanding for its productive management. Abstracts, International Symposium. San José, Costa Rica. 28 p.
73. Singh, J. P., Kaur, A., Shevkani, K., Singh, N. 2015. Influence of jambolan (*Syzygium cumini*) and xanthan gum incorporation on the physicochemical, antioxidant and sensory properties of gluten-free eggless rice muffins. *International Journal of Food Science & Technology*, 50. 1190–1197 p.
74. Sparling, G. P. 1997. Soil microbial biomass, activity and nutrient cycling as indicators of soil health In Pankhurst, C. E., Gupta, V. V. S. R and Doube, B. M. (eds). 1997. Biological Indicators of soils Health. Cab. International, Oxon, UK. 97-119 p.
75. Taylor A. 1968. Introducción a la nematología vegetal aplicada. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Guía de la FAO para el Estudio y Combate de los Nematodos Parásitos de las Plantas. 131 p.
76. Thorne G. 1961. Principles of nematology. USA. McGraw-Hill- Book Company. 547 pp. www.corpoica.org.co, 2000. www.fhia.hn/banano.htm, 1998.
77. Tiunov y Scheu 1999. Microbial respiration, biomass, biovolume and nutrient status in burrow walls of *Lumbricus terrestris* L. (Lumbricidae). *Soil Biology and Biochemistry* 31. 2039-2048 p.
78. Tiwari, S. C., Mishra, R. R. 1993. Fungal abundance and diversity in earthworm casts and in uningested soil. *Biol Fertil Soils* 16. 131-134 p.

79. Universidad Nacional de Colombia, 2007, citado por Minagricultura: Boletín Mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria; SIPSA (sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario) 2014.
80. USDA. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. Disponible en <http://www.statlab.iastate.edu/survey/SQI/>.
81. Vásquez, N. 2003. Anatomía y morfología de monocotiledóneas e dicotiledóneas. Simposio Internacional: Sistema radical de banano (hacia un mejor conocimiento para su manejo productivo). INIBAP – CORBANA. San José, Costa Rica. 2-25 p.
82. Varón de Agudelo, F., Castillo, G. P. 2001. Seminario taller sobre identificación de nematodos de importancia agrícola – Guía Práctica ASCOLFI. Palmira.
83. Velásquez, E. 2004. Bioindicadores de calidad de suelo basados en las poblaciones de macrofauna y su relación con características funcionales del suelo. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agropecuarias con énfasis en suelos y agua. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. 22 p.
84. Velásquez E., Lavelle P & Andrade M. 2007. GIQS: a multifunctional indicator of soil quality. *Soil Biology & Biochemistry*. 39: 3066-3080.
85. Villareal, J. E., Agudo, L., Villaláz, J., Arosemena, J., Rosales, F., Pocasangre, L., Delgado, E. 2013. Índice de Calidad de suelos en áreas cultivadas con banano en Panamá. *Revista Agronomía Mesoamericana* No. 24 fascículo 2 pp 301 – 315.
86. Visser, S. and Parkinson, D. 1992. Soil biological criterion as indicators of soil quality: soil microorganism. *American Journal of alternative agriculture* 7. 33-37 p.