

Relación entre dos sistemas de sombrero de café y algunas propiedades del suelo en la meseta de Popayán, Colombia

Relationship between two shading systems of coffee and some properties of the soil in the plateau of Popayán, Colombia

Iván Enrique Paz,¹ Marina Sánchez de P.,² Siavosh Sadeghian³

RECIBIDO: JULIO 2/06. ACEPTADO: NOVIEMBRE 21/06

¹ Ing. Agr. MSc. Universidad del Cauca. Ivanep1@yahoo.es

² Ing. Agr. Doctor. Universidad Nacional de Colombia, Palmira. Pragersa@andinet.com

³ Ing. Agr. MSc. Funcionario de CENICAFÉ. siavosh.sadeghian@cafedecolombia.com

RESUMEN

En la vereda Figueroa, municipio de Popayán, departamento del Cauca, en ocho fincas ubicadas entre 1.750 y 1.850 m.s.n.m., se estimó la actividad microbiana en la rizósfera de plantas de café variedad Colombia para relacionarla con algunas propiedades del suelo y el sistema de sombrero empleado. Entre 0 y 10 cm de profundidad y en época de cosecha de grano (junio/05) se tomaron muestras para determinar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Adicionalmente, tres muestreos más en julio, agosto y octubre, para estimar la actividad biológica durante el tiempo. En suelos bajo sombrero medio fue mayor el contenido de materia orgánica, la capacidad de retención de humedad y la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y manganeso. Estadísticamente se encontró mayor respiración y biomasa microbiana en época de verano (agosto/05) y disminución en temporada de lluvias (octubre/05). Entre fincas el contenido de materia orgánica y la humedad del suelo fueron determinantes y expresaron una relación directa. El carbono microbiano constituyó entre el 0.5 y 0.9% del carbono presente en la materia orgánica de los suelos estudiados.

Palabras claves: Respiración biológica; biomasa; microbiología; café; variedades; Colombia.

SUMMARY

At Figueroa a small town of the municipality of Popayán, Department of Cauca, Colombia, in eight farms located between 1750 and 1800 meters above sea level, the microbial activity in the plant rhizosphere of the Colombian coffee variety was estimated to relate it with some properties of the soil and shading was estimated. Soil samples were taken 0 and 10 cm during in the grain harvest season (june/05) to determine physical, chemical and biological properties of the soil. In addition, three more samples were collected in july, august and october, to estimate biological activity. In soils under partial shade, organic matter content was higher, as well as humidity, water retention capacity, and nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and manganese availability. Statistically higher differences in respiration and microbial biomass were found during the summer season (august/05) and lower in the rainy seasons (october/05). When comparing the different farms, the organic matter content a direct relationship was found. The microbial carbon was 0.5% and 0.9% of the total carbon present in the organic matter of the studied soil.

Key words: Biological respiration; microbiology; biomass, varieties; Colombia; coffee.

INTRODUCCIÓN

En Colombia el uso del sombrero en los cafetales es necesario para algunas regiones, en otras se conserva por tradición. Múltiples estudios han comprobado el beneficio sobre el cultivo del café, y se encontró que el componente arbóreo contribuye a la conservación del suelo y mejora las características físicas, disminuye la evaporación desde la superficie y amortigua las temperaturas, favorece las condiciones microclimáticas al incrementar la humedad relativa, reducir la tempe-

ratura ambiental y mermar las diferencias de temperatura entre el día y la noche. En los cafetos mejora la tasa de fotosíntesis, aumenta la duración aunque su producción sea menor, disminuye el número y el costo de las desyerbas, conduce al uso de menos fertilización y mejora las propiedades organolépticas del café (Alarcón, Aldazábal y Martínez, 1996; Salazar *et al.*, 2000; Farfán y Mestre, 2005; Jaramillo y Gómez, 1989; Rivera y Gómez, 1992; Cardona y Sadeghian, 2005). Sin embargo, poco se ha investigado el efecto que pro-

duce el sombrero del café en la actividad biológica en el suelo.

La actividad biológica puede estimarse a través de indicadores que generan información sobre la dinámica de la materia orgánica en el suelo, entre ellos la actividad microbiana y la biomasa microbiana. Estas propiedades permiten estimar la calidad biológica del suelo, por ser de rápida respuesta a los cambios en el manejo agronómico y sufrir cambios frente al estrés ambiental (Sánchez, 2000).

Por las consideraciones anteriores se planteó esta investigación de carácter exploratorio con el objetivo de estimar la actividad microbiana en la rizósfera de cafetales establecidos con dos sistemas de sombrero.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la vereda Figueroa, ubicada en el municipio de Popayán (1.750 - 1.850 m.s.n.m, 16 - 20°C, precipitación entre 1.850 y 2.300 mm, humedad relativa entre 68 y 82% y suelos melanudans), se escogieron cuatro

fincas con café variedad Colombia bajo sombrero medio y cuatro a libre exposición, dos fincas productoras de café de buena calidad y dos de regular calidad.

En cada finca un lote con aproximadamente 200 árboles de café se dividió en dos (parte alta y parte baja) y se muestreó entre 0 y 10 cm, considerando que a esta profundidad se desarrolla el 52.3% de las raíces absorbentes del cafeto (Fedecafé, 2003).

En época de cosecha de grano (junio/05) se tomaron muestras para determinar algunas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo. Adicionalmente, tres muestreos más en julio, agosto y octubre del mismo año, para estimar la actividad biológica durante el tiempo y su relación con el sombrero (Tabla 1).

Los resultados obtenidos para cada variable se analizaron mediante estadígrafos como promedio, desviación estándar, coeficiente de variación, regresiones y correlaciones, pruebas de comparación de promedios; t, DMS.

Tabla 1. Relación de variables evaluadas en la rizósfera de café.

Propiedad	Parámetro	Metodología	Frecuencia de muestreo
Físicas	Textura	Pipeta	Una vez (Junio)
	Densidad aparente	Cilindro	
	Densidad real	Picnómetro	
	Porosidad total	Cálculo matemático	
	Conductividad hidráulica	Cabeza constante	
	Distribución de agregados	Yoder	
Químicas	pH	Potenciometría	Una vez (Junio)
	% materia orgánica	Titulación	
	Fósforo	Bray II	
	Potasio y sodio	Fotometría de llama	
	Calcio y magnesio	Absorción atómica	
	Micronutrientes	Espectrometría de absorción atómica II	
Biológicas	Actividad biológica	Campo	Cuatro muestreos, uno cada mes (junio, julio, agosto, octubre)
	Biomasa microbiana	Fumigación-extracción	
	Cocientes q CO ₂ -qC		

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades físicas y químicas

Se presentaron suelos francos (La Esperanza, Eucaliptos, El Ocaso, El Olvido y La Curva) y suelos franco arenosos (Pastal, El Recreo y El Roble), mostraron características propias de andisoles, como baja densidad aparente, buen contenido de materia orgánica, ex-

celente porosidad, conductividad hidráulica rápida, alta capacidad de agregación y poca susceptibilidad a la erosión pluvial y eólica (Tabla 2). No se encontraron limitantes de carácter físico para el establecimiento del cultivo de café. A pesar de la acidez y la baja disponibilidad de fósforo, calcio, magnesio, cobre y boro estos suelos también presentaron aptitud para el cultivo de café (Tabla 3).

Tabla 2. Rangos de valores de propiedades físicas en algunos suelos de Figueroa - Popayán.

Finca	Tipo sombrío	D. aparente g.cm ⁻³	D.real g.cm ⁻³	Porosidad total	Humedad %	C. hidráulica cm/hora	Estado agregac. %	Índice estabilid.
Rango	Medio	0.69-0.72	2.06-2.14	65.1-66.7	67.0-70.8	11.8-19.9	96.6-99.5	0.01-0.03
Media		0.71	2.11	66.1	68.7			
Rango	Libre	0.62-0.71	1.2-2.08	65.8-67.6	60.7-71.2	5.9-120	98.1-99.3	0.01-0.03
Media		0.65	1.95	66.6				

Tabla 3. Rangos de valores de propiedades químicas en algunos suelos de Figueroa - Popayán.

Finca	Tipo de sombrío	pH	M.O. %	N %	P ppm	Ca *	Mg *	K *	Sat. Al%	Zn ppm	Fe ppm	Cu ppm	Mn ppm	B ppm
Rango	Medio	4.8-5.9	9.6-12.4	0.5-0.6	4.4-5.9	1.2-9.5	0.3-2.4	0.5-0.8	0.6-45.5	3.0-3.2	6.4-12	0.8-1.3	9.3-19.1	0.18-0.28
Media		.4	10.8	0.5	5.0	4.0	1.0	0.6	23.2	3.1	8.6	1.1	15.3	0.22
Rango	Libre	5.3-5.7	4.2-10.9	0.2-0.5	2.6-4.3	1.8-4.4	0.7-1.3	0.3-0.7	4.6-28.5	2.5-4.0	7.1-13.5	0.8-1.4	9.6-16.7	0.13-0.27
Media		5.6	8.5	0.4	3.7	3.0	1.0	0.5	16.7	3.3	9.7	1.0	12.4	0.22

* cmol-kg-1

Actividad biológica (C-CO₂ proveniente de la respiración)

Se presentaron diferencias significativas en la respiración biológica entre las cuatro épocas de muestreo. Fue menor en junio 20 y julio 20 /05 (ideal, entre 150 y

300 µg/ m²/ h C-CO₂, Swisher, 1999), pero mayor en agosto 30 y octubre 8 /05 (alta, valores por encima de 300 µg/ m²/ h C-CO₂). La evolución de esta variable siguió tendencias similares en el tiempo en los dos sistemas de manejo (Tabla 4).

Tabla 4. Actividad biológica (C-CO₂ mg/m²/h) en suelos cultivados con café.

Sombrío	Finca	Jun. 20	C.v	Jul. 20	C.v	Sep. 2	C.v	Oct. 8	C.v
Medio	Pastal	208.4	b	17.0	210.9	b	21.8	512.7	b
Medio	Esperanza	242.2	a	16.3	272.0	a	7.7	558.9	a
Medio	Recreo	181.8	c	42.8	219.0	b	5.2	528.8	b
Medio	Eucaliptos	209.7	b	6.0	256.7	a	12.7	495.4	b
	Prom	210.5			239.6			523.9	
Libre	Ocaso	194.9	a	2.4	248.1	a	26.2	445.7	a
Libre	Roble	134.3	c	15.7	152.4	c	6.7	367.4	c
Libre	Olvido	163.4	b	37.6	147.8	c	7.4	355.2	c
Libre	Curva	167.2	b	39.9	195.8	b	7.4	406.6	b
	Prom.	164.9			186.0			393.7	
								468.1	
								464.6	a
								479.4	a
								486.1	a
								442.5	b
								389.9	a
								38.8	b
								12.5	a
								1.8	b
								2.2	a
								2.2	a
								10.8	c
								24.1	c
								295.4	c
								334.6	b
								321.9	b

Al correlacionar esta variable con los datos de precipitación y temperatura ambiente generados por la estación climatológica Manuel Mejía en San Joaquín - El Tambo, se observó relación directa con la temperatura e indirecta con la precipitación, tal como lo registran Burbano (1989) y Swisher (1999).

Las diferencias significativas mostraron mayor respiración biológica en suelos bajo sombrío. Entre fincas se encontró mayor actividad en La Esperanza (sue-

los bajo sombrío) y en El Ocaso (a libre exposición) (prueba DMS 5%), guardando relación con el contenido de materia orgánica y la disponibilidad de algunos nutrientes.

Las correlaciones con el contenido de materia orgánica y la humedad del suelo (Tabla 5) indicaron relaciones directas. Burbano (1989); Sadeghian, Rivera y Gómez (2000); Sánchez (2000); Yoshioka (2006) también han encontrado buenas correlaciones.

Tabla 5. Correlaciones entre materia orgánica, la humedad del suelo y la actividad biológica.

Mes	Materia orgánica	Humedad del suelo
Junio 20	0.78**	0.69**
Julio 20	0.63**	0.69**
Agosto 30	0.70**	0.62*
Octubre 8	0.86**	0.70**

La actividad biológica también correlacionó directamente con la temperatura del suelo, la disponibilidad de nutrientes, la colonización por hongos HMA, la nodulación de raíces, la fisiología y edad de la planta, la humedad del suelo y los contenidos de materia orgánica y aluminio (Swisher, 1999).

Los resultados encontrados se explican debido a que en la zona de muestreo la cosecha de café ocurrió en el mes de junio/05 -época de inicio de temporada de sequía, durante julio y agosto disminuyeron las precipitaciones y aumentó la temperatura. Bajo déficit hídrico disminuye la disponibilidad de nutrientes, au-

menta el crecimiento de las raíces con el fin de explorar mayor volumen de suelo en busca de agua y nutrientes; en consecuencia, se gasta más energía para el mantenimiento, energía que se produce durante la respiración (Azcón - Bieto, 2000). La planta traslada a la raíz entre el 30 y 60% del carbono neto proveniente de la fotosíntesis, para invertirlo en el crecimiento radical, liberándolo en la rizósfera como carbono orgánico (Sánchez, 2006).

Biomasa microbiana ($\mu\text{g Cgss}$)

Los resultados de biomasa mostraron diferencias significativas al comparar las épocas de muestreo. Los mayores valores se encontraron en el tercer muestreo – Agosto/05–, y los menores en el cuarto muestreo –inicio de octubre–, esto se debe posiblemente al mayor volumen de lluvias presentes en este mes –inicio de época de lluvia–. La evolución de la variable siguió tendencias similares en el tiempo en los dos sistemas de manejo (Tabla 6).

Tabla 6. Biomasa microbiana ($\mu\text{g Cgss}$) en suelos cultivados con café.

Tipo sombrero	Finca	Jun. 20	C.v	Jul. 20	C.v	Sept. 2	C.v	Oct. 8	C.v				
Medio	Pastal	3.5	b	16.8	3.8	a	16.6	5.6	b	12.9	4.7	b	7.3
Medio	Esperanza	4.5	a	4.9	4.9	a	9.5	7.4	a	4.1	6.5	a	19.6
Medio	El Recreo	4.3	c	14.5	4.5	c	13.4	6.0	b	16.4	5.2	b	2.7
Medio	Eucaliptos Prom.	3.4	a	18.0	4.4	b	3.2	5.1	c	13.3	4.5	c	6.1
		3.9		4.4				6.0			5.2		
Libre	El Ocaso	4.2	a	13.7	4.6	a	6.4	6.6	a	5.4	5.9	a	16.0
Libre	El Roble	3.2	b	39.7	3.7	b	16.9	5.5	a	2.1	4.9	b	5.9
Libre	El Olvido	2.4	c	0.8	3.4	c	9.3	7.4	b	0.5	6.1	c	2.4
Libre	La Curva Prom.	4.3	a	11.2	4.6	a	21.9	6.9	a	20.2	6.0	a	22.6
		3.5		4.1				6.6			5.7		

Al correlacionar la variable con la precipitación y temperatura ambiente de la zona, se observó relación directa con la temperatura e indirecta con la precipitación. Como ya se mencionó, durante agosto –época de verano– se incrementó el brillo solar, la temperatura, disminuyen las precipitaciones, en consecuencia baja la humedad del suelo y los nutrientes se hacen menos disponibles (Swisher 1999). En estas condiciones aumenta la actividad radical, hay liberación de rizodepositados y como efecto aumentan las poblaciones de microorganismos (Sánchez, 2006).

Estadísticamente (prueba de t, $\alpha = 0.05$) se pudo establecer que hubo mayor cantidad de biomasa en suelos bajo sombrero medio asociándose con el mayor contenido de materia orgánica.

Al igual que con la actividad biológica se obtuvo relación directa con el contenido de materia orgánica y la humedad del suelo en todos los muestreos. Unigarro (2005), Anzalone y Lazo (2002) también registraron tal relación. Parton *et al.*, 1987, mencionan que la relación directa entre la materia orgánica del suelo y la dinámica de la biomasa microbiana pueden ocurrir, debido a que todo material orgánico que ingresa al suelo es utilizado como fuente de energía por las poblaciones microbianas.

Siqueira *et al.* (1994); Gómez *et al.* (2000); Rojas (2002) y Yoshioka (2006) también han comprobado que la actividad microbiana está fuertemente ligada a los contenidos de materia orgánica y presencia de oxígeno. Como ocurrió con la actividad biológica,

en las fincas La Esperanza y El Pastal –lotes bajo sombrío medio–, así como también en La Curva y El Ocaso –lotes sin sombrío– se presentaron los mayores valores de biomasa (prueba DMS 5%); este resultado se asoció con los mayores contenidos de calcio, potasio, sodio y magnesio encontrados para cada grupo de fincas. Lo anterior sugiere que la biomasa microbiana está ligada a los contenidos de bases y por tanto CIC presente en el suelo.

Se encontró relación directa con la densidad aparente (0.71**), porosidad total (0.81**), estado de agregación del suelo (0.72**), el contenido de nitrógeno (0.97**), fósforo (0.7**) y potasio (0.74**). Entre la respiración y la biomasa también se encontró relación directa, biológicamente puede explicarse mediante el aporte que hacen las raíces en rizo depositados (destacándose los lisados –proviene de la degradación de células de la epidermis y/o corticales senescentes– y el mucigel –material gelatinoso que cubre la superficie de la raíz–) atractivos para los microorganismos (Marschner, 1995 citado por Sánchez, 2006).

Índice de reserva de carbono qC (Carbono microbiano)

La relación entre el carbono orgánico y el carbono de la biomasa microbiana (qC), que expresa la porción de carbono microbiano contenido en el total de materia orgánica del suelo, mostró mayores índices en el tercer muestreo –agosto 30– (Figura 1), guardando relación con la mayor cantidad de biomasa microbiana encontrada en este período. La prueba de t no detectó diferencia significativa entre los promedios de los qC obtenidos en cada sistema de manejo. Se destacaron los lotes de Eucaliptos –bajo sombrío–, y El Olvido –a libre exposición–, por presentar mayor índice de reserva de carbono (DMS 0.05).

Los promedios de los índices de reserva estimados variaron entre 0.51 y 0.90 –suelos bajo sombrío medio– y 0.52 y 0.90 –suelos a libre exposición–, convirtiéndose en un referente más para comprender la relación de este índice con el manejo de los suelos y en un complemento de las investigaciones realizadas por Rojas (2002) y Yoshioka (2006), en suelos del Valle del Cauca y del Quindío respectivamente.

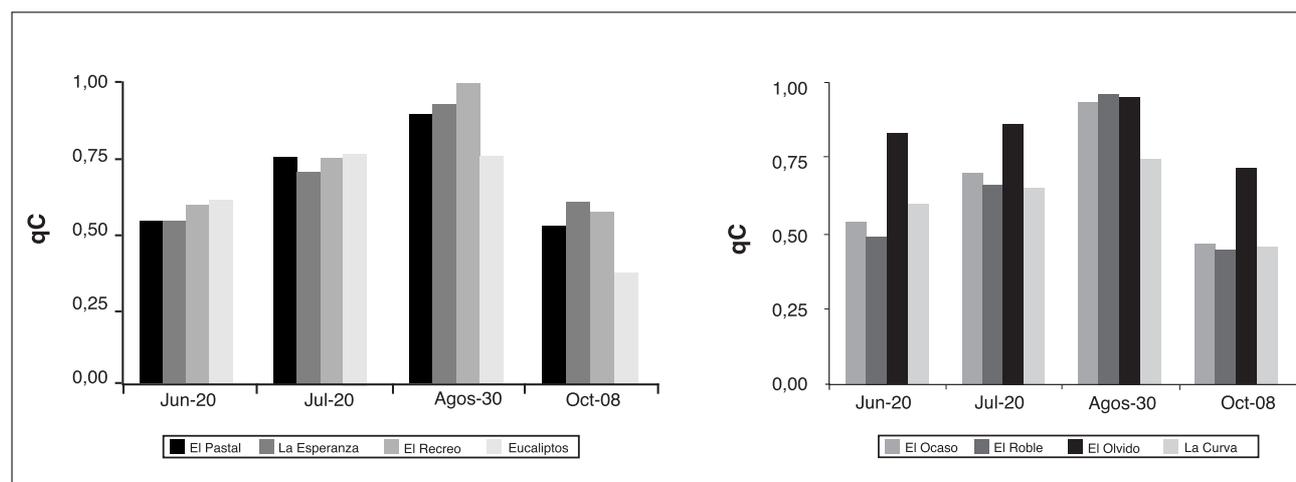


Figura 1. Índices de reserva de carbono en suelos de Figueroa, Popayán.

CONCLUSIONES

La presencia de sombrío medio en las fincas cafeteras evaluadas favoreció la expresión de algunas propiedades físicas, químicas y biológicas (respiración y biomasa microbiana) de estos suelos, estrechamente ligadas a ciclos de mineralización de la materia orgánica y disponibilidad de nutrientes para las plantas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Fabio Alonso Prado y a Jairo Gómez Zambrano por su asesoría, y a la Universidad del Cauca, Universidad Nacional - Palmira, y Comité de Cafeteros del Cauca, por su ayuda financiera, que permitió adelantar la tesis de Maestría en Ciencias Agrarias al primero de los autores.

BIBLIOGRAFÍA

- Anzalone A., Lazo J. V. 2002. Evolución del carbón de biomasa microbiana en un suelo tratado con metribuzina y cultivado con papa (*Solanum tuberosum* L.). Caracas. Universidad Central de Venezuela. *Biagro*. Vol.14 (2):11-15.
- Agwanda, C.1999. Flavour: an ideal selection criterion for the genetic improvement of liquor quality in Arabica coffee. *In: Colloque Scientifique International sur le Cafe*, 18. Helsinki (Finlandia), Agosto 2-6, 1999. París (Francia), ASIC, 2000. p. 383-389. 22.
- Alarcón M.; Aldazábal R., M.; Martínez, J., 1996. Influencia del sol y la sombra en la calidad y el rendimiento del grano de café. *Centro Agrícola* (Cuba) 23(13):11-16.
- Azcón-Bieto J. 2000. Fundamentos de Fisiología Vegetal. Madrid; McGraw Hill. 522 p.
- Buenaventura S., C.E. 2000. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de café. Bogotá (Colombia), Fundación Universidad de América. 93 p. 35.
- Buenaventura S., C.E.; Castaño C., J. 2002. Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de muestras de café procedente del ecotipo 206B en Colombia. *Cenicafé* (Colombia) 53(2):119-131.
- Burbano O.; H. 1989. El suelo: Una visión sobre sus componentes biorgánicos. Pasto: Universidad de Nariño. 447p.
- Cardona, D., Sadeghian, S, 2005. Beneficios del sombrío de Guamo en suelos cafeteros. *Cenicafé*. Avances Técnicos 335. Mayo.
- Farfán, F., Mestre, A. 2005. Manejo del sombrío y fertilización del café en la zona central colombiana. *Cenicafé*. Avances Técnicos 331. Enero.
- Fedecafé. 2002. Seminario de cafés especiales. Bogotá. División de estrategia y Proyectos Especiales de comercialización. Agosto.
- Fedecafé, 2003. Descripción morfológica, Módulo 2, Curso virtual sobre café. Santafé de Bogotá. 26p.
- Gaona J., S. 1997. Importancia de la nutrición mineral en la calidad de la bebida, Cali (Colombia), Comité de Cafeteros del Valle del Cauca, 14 p.
- Gómez, L.; Caballero, R. y Rincón, B. 2000. Ecotipos cafeteros de Colombia - zonificación agroecológica. Fedecafé. Bogotá.
- IGAC. 1990. Métodos analíticos del laboratorio de suelos. Bogotá D.C. 502 p.
- Jaramillo R., A.; Gómez G., L. 1989. Microclima en cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío. *Cenicafé* (Colombia) 40(3):65-79.
- Jaramillo, D. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Malagón, D. y Montenegro, H. 1990. Propiedades físicas de los suelos. IGAC. 813P.
- Parton, W., Schimel, O., Cole, C., and Ojima, D., 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in grand plains grasslands. *Soil Sci Soc Am J* 51: 1173 - 1179.
- Rivera P., J.H.; Gómez A., A. El sombrío en los cafetales protege los suelos de la erosión. Avances Técnicos Cenicafé (Colombia), No. 177:1-8. 1992.
- Rojas., 2002. Evaluación de la conductividad térmica del suelo y su relación con la materia orgánica, actividad y biomasa microbianas en cultivos agroecológicos y convencionales de maracuyá *Passiflora edulis* Sims f. *Flavicarpa Degener*, en el municipio de Toro (Valle del Cauca). Universidad Nacional. Palmira. 123 p.
- Sadeghian S., Rivera J. y Gómez M. 1997. Impacto de sistemas de ganadería sobre las características físicas, químicas y biológicas de suelos en los Andes de Colombia. Cípvav - CRQ. Quindío. 123 p.
- Sánchez de P., M. y Gómez L., E. D. 2000. El suelo: un sistema vivo. Cuaderno ambiental No 1. Universidad Nacional de Colombia - Palmira. Instituto de Estudios Ambientales. 14p.
- Sánchez de P., M. 2006. Manejo ecológico de los suelos. Universidad Nacional. Palmira. 40 p.
- Shinner, F.; Kandeler, E.; Richard, O. y Hargesin, R. 1995. Methods in Soil Biology. Germany. pp: 209-244.
- Siqueira, O., Moreira, F., Grisi, B., Hungría, M., y Araújo, R. 1994. Microorganismos e processos biológicos do solo. Perspectiva ambiental Embrapa - SPI. Brasília, D.F pp. 142.
- Swisher, M. 1999. Manual para los estudios de campo, Módulo 1. La Ecología de la Parcela. Universidad de la Florida. 84p.
- Triana G. W. 2003. Actividad Microbiana de un Andisol de Pescador Cauca, con diferentes sistemas de manejo en la rotación (yuca descanso fríjol). Universidad Nacional.
- Unigarro, A. 2005. Evaluación de la calidad de un suelo *Dystric Cryandept* mediante la determinación de algunas propiedades biológicas, químicas y físicas, en el santuario de flora y fauna Galeras, Nariño. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. *Acta Agron*. Vol 54. (4). Pp 7-12.
- Yoshioka T. I., 2006. Actividad de las fosfatasa ácida y alcalina en suelos cultivados con plátano (*Musa AAB*) en tres sistemas de manejo. Universidad Nacional de Colombia. Palmira. 99p.