

Evaluación de seis abonos verdes en un *vertisol ústico* en condiciones del Valle del Cauca

[W. F. Salamanca A.](#),* [C. R. Bonilla C.](#)** y [M.S. Sánchez](#)**

[Compendio](#) | [Abstract](#) | [Introducción](#) | [Procedimiento Experimental](#) | [Resultados y Discusión](#) | [Bibliografía](#)

COMPENDIO

En el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, en un diseño de bloques completos al azar, se evaluaron seis tratamientos con tres repeticiones. (*Cajanus cajan* guandul arbóreo y arbustivo; *Canavalia ensiformis*, frijol Canavalia; *Cynodon niemfuensis*, pasto estrella; *Zea mays*, Maíz y *Cucúrbita moschata*, zapallo). El pasto estrella y el zapallo fueron cultivos previos al ensayo; los otros materiales se sembraron por semilla a 50 cm en cuadro y se incorporaron al suelo a los 150 días cuando se cosechó el maíz (choclo). Maíz y canavalia aportaron mayor biomasa al suelo (10.068 y 9.748 kg/ha, respectivamente). *C. cajan* arbóreo y *C. ensiformis* aportaron las mayores cantidades de nitrógeno (254 y 213 kg/ha). El maíz y el pasto estrella, por sus altos contenidos de lignina, se descompusieron más lentamente. En casi todos los tratamientos se presentó incremento de la población microbiana, predominando la población de bacterias, seguida por hongos, fijadores de nitrógeno de vida libre y luego la población de actinomicetos.

Palabras claves: abonos verdes, biomasa, aporte de nutrientes, Canavalia, Cajanus, pasto estrella, maíz, microbiología del suelo,

ABSTRACT

Evaluation of six green manure materials in a Ustic Vertisol Soil of Cauca Valley, Colombia. This research was realized in the Experimental Center of the National University in Palmira. A design of a Randomized Completed Blocks, with six treatments and three repetitions was used. The treatments were two accessions of guandul (tree and shrub) *Cajanus cajan*, *Canavalia ensiformis* Corn *Zea mays*, Star grass *Cynodon niemfuensis* and Ramkin *Cucúrbita moschata*. The plot size was 20 m x 10 m. The materials were incorporated with tractor and disk plough when the maize was collected as ear. The results showed that corn and Canavalia had the higher yields of fitomass (10068 and 9748 kg/ha, respectively). The legumes *C. cajan* (tree) and *C. ensiformis* showed higher yields of Nitrogen (254 and 213 kg/ha) and biomolecules. *Z. mays* and *C. niemfuensis* were the treatments with lower decomposition rate in the soil.

Key words: green manure, fitomass, nutrients, Canavalia, Guandul, star grass, corn, soil microbiology.

INTRODUCCIÓN

Los suelos se degradan por diferentes causas, en la mayoría de los casos por intervención humana, y la tasa a la que ocurre es mayor que la de presentación o generación de alternativas de solución (García y Durán, 2000). La degradación se refiere a la pérdida del potencial productivo de un suelo por el deterioro de propiedades físicas, químicas y biológicas, como consecuencia del uso de prácticas agrícolas inapropiadas a través del tiempo y no se debe

interpretar en términos generales, sino de limitación en alguna o algunas de las características del suelo que afectan directamente alguno de los factores de crecimiento (Amézquita, 1992).

La degradación física se refiere básicamente a problemas de compactación, encostramiento y sellamiento superficial del suelo (Oldeman, 1994). La degradación biológica se inicia con la deforestación, continúa con las labores de preparación del suelo y se acentúa con el uso de productos químicos (fertilizantes orgánicos e inorgánicos, enmiendas, plaguicidas, etc.) que alteran el medio ecológico del suelo y lo hacen impropio para muchas especies de microorganismos y fauna del suelo en general (Amézquita, 1992). La degradación química involucra la pérdida de nutrientes y/o materia orgánica. La pérdida de nutrientes es un fenómeno común en países con agricultura de bajos insumos (Oldeman, 1994).

La utilización de abonos verdes y/o coberturas constituye una alternativa para mantener y conservar los niveles de materia orgánica en el suelo, además de mejorar otras propiedades (Palm y Sánchez, 1990). El abono verde acumula en la capa arable del suelo, además del nitrógeno, otras sustancias nutritivas e igual que los demás abonos orgánicos enterrados, reduce en cierto grado la acidez del suelo, disminuye la movilidad del aluminio, eleva la capacidad buffer y la capacidad de absorción, de retención de humedad, la infiltración del agua y mejora la estructura del suelo (Rangel, 1988; Fassbender, 1993).

Por lo anterior, se propuso en este estudio evaluar seis materiales como abonos verdes en un vertisol ústico del Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP).

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El ensayo de campo se realizó en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP), localizado en el municipio de Candelaria a 2° 06' Latitud N y 76° 0.5' Long O, a 927 msnm, temperatura promedio diaria de 24°C, humedad relativa del 65% y precipitación anual aproximada de 1.100 mm (Naranjo, 2002). Los suelos poseen alta saturación de bases, alta capacidad de intercambio catiónico, alta superficie específica, buena retención de humedad, buena condición física en húmedo con deterioro marcado en seco o en mojado, agrietamiento y poca facilidad de mecanización (CVC, 1984) y adecuada condición química (Tabla 1).

Tabla 1. Caracterización química del suelo del CEUNP donde se estableció el ensayo.

Componente	Unidad	Valor
Textura		Franco arcilloso
pH		7.3
MO	%	1.4
P	ppm	130.0
K	me	0.9
Ca	me	13.9
Mg	me	7.9
Na	me	0.45
S	ppm	43.11
B	ppm	0.01
Cu	ppm	4.2
Fe	ppm	19.1
Mn	ppm	34.53
Zn	ppm	1.4

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas, Universidad Nacional-Sede Palmira, 2002.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con seis tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos correspondieron a seis materiales vegetales: maíz, *Zea mays*; frijol Canavalia, *Canavalia ensiformis*; dos accesiones de guandul, *Cajanus cajan* (arbórea y arbustiva); pasto estrella, *Cynodon niemfuensis* y zapallo, *Cucurbita moschata* (testigo). El tamaño de parcela fue de 20 x 10 m. La semilla de maíz fue facilitada por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El pasto estrella *Cynodon niemfuensis* se tomó de un lote aledaño al ensayo. Como testigo se utilizó zapallo (*Cucurbita moschata*), cultivo establecido previo al ensayo. Los materiales se sembraron a 50 cm entre plantas y 50 cm entre surcos, colocando tres semillas por sitio. La incorporación de los materiales se realizó con tractor y arado de discos 15 días después de la cosecha del maíz en estado choclo.

Las variables evaluadas fueron: número de plántulas emergidas por metro lineal, contadas en tres surcos por parcela en forma aleatoria; rendimiento de biomasa vegetal, para lo cual se utilizó un marco de un metro de lado, lanzado aleatoriamente dos veces en cada parcela; contenido de elementos en tejido y aporte de nutrientes al suelo. Usando los rendimientos de biomasa seca incorporada al suelo y el porcentaje de los elementos nutritivos en tejido de las especies vegetales se calcularon las cantidades de elementos incorporados al mismo; tasa de descomposición de los materiales vegetales, enterrando a 20 cm tres muestras (repeticiones) de 250 g de material verde en bolsas plásticas, perforadas (1 mm); y realizando tres lecturas, la primera 30 días después de la incorporación de los abonos verdes y luego cada mes.

Para evaluar la actividad microbiana en el suelo se determinó el número de unidades formadoras de colonias fungosas por gramo de suelo seco (UFCF/g ss), mediante el método de diluciones en serie (Sánchez, 1990); se determinó el número de colonias bacterianas y se calcularon los promedios ponderados del número de bacterias por gramo de suelo seco (bact/g ss); microorganismos fijadores de nitrógeno de vida libre y Actinomicetos (Waksman, 1967).

La información generada se procesó mediante el Sistema S.A.S (Statistical Analysis System) versión 8.2 del 2002.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Aunque quince días después de la siembra todos los materiales presentaron 95% de emergencia, *C. ensiformis* presentó el mayor porcentaje de emergencia ocho días después de la siembra, seguido por *Z. mays* y *C. moschata*.

Aporte de biomasa de los materiales vegetales

No se presentaron diferencias significativas en el aporte de biomasa entre *Z. mays*, *C. ensiformis* y *C. cajan* (arbóreo); sin embargo, el material que más aportó biomasa al suelo fue *Z. mays* (10.068 kg/ha), seguido por *C. ensiformis* (9.748 kg /ha) y *C. cajan* arbóreo (6.758 kg/ha). El aporte de biomasa de estos materiales fue diferente significativamente de los otros materiales (Tabla 2). El mayor aporte de biomasa de materiales como el maíz puede deberse a su propio desarrollo y a la acumulación de biomoléculas de mayor peso molecular como la lignina (Gómez, 2000).

Tabla 2. Rendimiento de biomasa (en materia seca) de seis materiales vegetales.

Material vegetal	Rendimiento de biomasa (Materia seca kg /ha)*
<i>Zea mays</i>	10.068 a
<i>Canavalia ensiformis</i>	9.748 a
<i>Cajanus cajan</i> (arbóreo)	6.758 a
<i>Cajanus cajan</i> (arbustivo)	5.787 ab
<i>Cynodon niemfuensis</i>	3.758 b
<i>Cucurbita moschata</i>	4.313 b

*Promedios con el mismo subíndice en la columna no difieren significativamente al nivel de $P < 0.05$.

Contenido de elementos en tejido y aporte de nutrientes al suelo

El mayor contenido de Nitrógeno en tejido lo presentaron las leguminosas *C. cajan* arbóreo, seguido por *C. cajan* arbustivo y *C. ensiformis* (Tabla 3). Esta característica favorece el

establecimiento posterior de cultivos, ya que estos residuos se mineralizan fácilmente (Burbano, 1989). El mayor contenido de fósforo lo presentó *C. moschata*, seguido por *C. cajan* arbóreo, *C. cajan* arbustivo y el más bajo *C. niemfuensis*.

Tabla 3. Contenido de elementos nutritivos en tejido de seis especies vegetales al momento de incorporarlas al suelo.

Material vegetal	Contenido de nutrientes en tejido (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>Zea mays</i>	0.62	0.75	1.13	0.5	0.35
<i>Canavalia ensiformis</i>	2.19	0.61	2.3	1.07	0.19
<i>Cajanus cajan</i> (arbóreo)	3.77	0.92	1.93	1.05	0.32
<i>Cajanus cajan</i> (arbustivo)	2.63	0.8	1.44	0.93	0.33
<i>Cynodon niemfuensis</i>	0.72	0.59	0.74	0.32	0.15
<i>Cucurbita moschata</i>	1.67	1.00	2.44	1.02	0.28

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas Universidad Nacional de Colombia-Sede Palmira, 2002.

Las cantidades de nitrógeno aportadas por las leguminosas no presentaron diferencias significativas entre sí y el mayor aporte fue de 254.7 kg /ha con la incorporación de *C. cajan* arbóreo. *C. niemfuensis* fue el tratamiento con menor aporte de N (Tabla 4). Para las cantidades de fósforo incorporadas al suelo no hubo diferencias significativas entre tratamientos.

Tabla 4. Cantidades de elementos nutritivos de seis especies vegetales incorporadas al suelo como abonos verdes.

Material vegetal	Nutrientes incorporados al suelo (Kg/ha)*				
	N	P	K	Ca	Mg
<i>Zea mays</i>	62.4 cd	75.5 a	113.7 b	49.7 b	35.2 a
<i>Canavalia ensiformis</i>	213.4 ab	59.4 a	224.1 a	104.2 a	18.4 b
<i>Cajanus cajan</i> (arbóreo)	254.7 a	62.1 a	130.3 b	70.9 ab	21.6 b
<i>Cajanus cajan</i> (arbustivo)	152.7 b	45.2 ab	83.3 bc	53.8 b	19.1 b
<i>Cynodon niemfuensis</i>	24.0 d	22.1 b	27.7 c	11.9 c	5.6 c
<i>Cucurbita moschata</i>	72.0 cd	43.1 ab	105.1 b	43.9 bc	12.0 bc

*Promedios con el mismo subíndice en la columna no difieren significativamente al nivel de $P = 0.05$.

Los tratamientos mostraron diferencias significativas en cuanto a los aportes de magnesio; el material que más aportó este elemento fue *Z. mays*.

Cuatro de los materiales superaron el 1.5 % de N, *C. cajan* arbóreo (3.77 %), *C. ensiformis* (2.19 %), *C. cajan* arbustivo (2.63 %) y *C. moschata* (1.67 %), lo que según Burbano (1989) puede indicar que el material aportado como biomasa se mineralizó rápidamente y la utilización de este tipo de abono verde es importante cuando se pretende mejorar o poner a disposición de

las plantas, nutrientes que se aprovechen rápidamente. En este caso, es importante tener en cuenta que los microorganismos del suelo son los principales beneficiados y que los elementos mineralizados son inmovilizados temporalmente por ellos, llegando a ocasionar deficiencias en las plantas si no se toman las medidas pertinentes.

Tasa de descomposición de los materiales vegetales

A los 90 días de incorporados los abonos verdes al suelo se descompuso solo el 14 % de la materia seca de *C. niemfuensis* y el 20% de *Z. Mays* (Tabla 5). Estas dos gramíneas tuvieron en su conformación estructural los porcentajes más altos de celulosa (26.54% y 28.4%), hemicelulosa (29.62% y 30.6%) y lignina (12 % y 5.8 %), (Tabla 5).

Tabla 5. Tasa acumulada de descomposición de los materiales incorporados como abonos verdes.

Tratamiento Material vegetal	Tasa acumulada de descomposición de M. Seca (%) Días			
	0 ¹	30	60	90
<i>Zea mays</i>	(200) 0	2	10	20
<i>Canavalia ensiformis</i>	(58) 0	51	59	59
<i>Cajanus cajan</i> (arbóreo)	(65) 0	29	45	66
<i>Cajanus cajan</i> (arbust)	(108) 0	70	74	74
<i>Cynodon niemfuensis</i>	(148) 0	5	12	14
<i>Cucurbita moschata</i>	(70) 0	43	64	79

1: El valor entre paréntesis se refiere a la cantidad inicial de materia seca colocada en las bolsas.

La permanencia de la cobertura muerta depende de la velocidad de descomposición y cuanto más rápido se descompongan los residuos vegetales, menor será la protección del suelo. La tasa de descomposición se relaciona inversamente con la cantidad de lignina y la relación C/N de los residuos (Parr y Padendick, 1978).

Poblaciones microbianas

La población de hongos presentó diferencias significativas entre los tratamientos evaluados; las poblaciones aumentaron en casi todos los tratamientos con respecto a la población inicial (3.9×10^5 Unidades formadoras de colonias por gramo de suelo seco, UFC/gss). El valor más alto, 30 días después de la incorporación de los materiales, se presentó en los tratamientos donde se incorporaron *C. cajan* arbóreo, *C. ensiformis* y *Z. mays*. La población más baja se presentó en el suelo donde se incorporó *C. niemfuensis* (1.9×10^5 UFC/gss); 90 días después de la incorporación de los materiales disminuyeron las poblaciones de hongos. Los resultados mostraron incremento de la población de hongos en los suelos donde se incorporaron las leguminosas y el *Z. mays*, los cuales aportaron la mayor cantidad de biomasa (Tabla 6).

Tabla 6. Unidades formadoras de bacterias, hongos, fijadores de nitrógeno de vida libre y actinomicetos.

Tratamiento	Hongos				Bacterias
Material vegetal	(UFC/gss)				
Muestra inicial	3.9x10 ⁵				6.3x10 ⁷
Muestreo después de la incorporación (días)	30	90	30	90	
<i>Zea mays</i>	2.5x10 ⁸ a	3.1x10 ¹⁰ a	3.1x10 ¹⁰ ab	1.0x10 ¹⁰ a	
<i>Canavalia ensiformis</i>	2.5x10 ⁸ a	1.3x10 ⁸ a	2.5x10 ¹⁰ ab	1.0x10 ⁹ b	
<i>Cajanus cajan</i> (arbóreo)	1.0x10 ⁹ a	6.3x10 ⁷ ab	1.2x10 ¹⁰ ab	1.2x10 ¹⁰ a	
<i>Cajanus cajan</i> (arbustivo)	5.0x10 ⁷ a	1.5x10 ⁷ ab	6.3x10 ¹⁰ a	1.9x10 ¹⁰ a	
<i>Cynodon niemfuensis</i>	1.5x10 ⁵ b	7.9x10 ⁵ b	5.6x10 ⁹ b	1.2 x10 ⁸ b	
<i>Cucurbita moschata</i>	1.0x10 ⁸ a	7.9x10 ⁶ ab	7.9x10 ⁹ b	7.9x10 ⁷ b	
Tratamiento	Fijadores de N, Actinomicetos				
Material vegetal	(UFC/gss)				
Muestra inicial	6.3x10 ⁶				6.3x10 ⁵
Muestreo después de la incorporación (días)	30	90	30	90	
<i>Zea mays</i>	1.5x10 ⁷ d	1.2x10 ⁷ c	1.5x10 ⁶ bc	1.5x10 ⁵ cd	
<i>Canavalia ensiformis</i>	1.0x10 ⁹ bc	3.9x10 ⁸ ab	7.9x10 ⁷ a	1.2x10 ⁹ a	
<i>Cajanus cajan</i> (arbóreo)	6.3x10 ⁷ cd	5.0x10 ⁷ bc	3.9x10 ⁷ abc	3.9x10 ⁸ ab	
<i>Cajanus cajan</i> (arbustivo)	7.9x10 ¹⁰ a	5.6x10 ⁹ a	6.3x10 ⁷ ab	1.5x10 ⁷ bc	
<i>Cynodon niemfuensis</i>	1.2x10 ⁷ d	3.1x10 ⁵ d	1.2x10 ⁶ c	1.2 x10 ⁵ d	
<i>Cucurbita moschata</i>	6.3x10 ⁹ ab	2.5x10 ⁷ c	1.2x10 ⁷ abc	3.9x10 ⁷ bc	

Promedios con el mismo subíndice no difieren significativamente al nivel de $P = 0.05$.

Los valores para la población bacteriana presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Las poblaciones aumentaron con respecto al muestreo inicial (6.3×10^9 UFC/gss) en casi todos los tratamientos 30 días después de la incorporación de los materiales; la mayor población de bacterias se presentó en los suelos donde se incorporó *C. cajan* arbustivo (6.3×10^{10} UFC/gss), *Z. mays* (3.1×10^{10} UFC/gss) y *C. ensiformis* (2.5×10^{10} UFC/gss). La población más baja se presentó en el suelo donde se incorporó *C. niemfuensis* (5.6×10^9 UFC/gss); a los 90 días después de la incorporación de los materiales las poblaciones más altas se presentaron en los suelos donde se incorporaron *C. cajan* arbustivo (1.9×10^{10} UFC/gss), *Z. mays* (1×10^{10} UFC/gss) y *C. cajan* arbóreo (1×10^{10} UFC/gss). La población más baja de bacterias se presentó en el suelo donde se incorporó *C. niemfuensis* (1.2×10^8 UFC/gss).

Los fijadores de nitrógeno de vida libre presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Las poblaciones aumentaron con respecto al muestreo inicial (6.3×10^6 UFC/gss); a los 30 días después de la incorporación, la mayor población se presentó en los suelos donde se incorporó *C. cajan* arbustivo (7.9×10^{10} UFC/gss) y *C. moschata* (6.3×10^9 UFC/gss). La población más baja se detectó en los suelos donde se incorporaron *C. niemfuensis* (1.2×10^7 UFC/gss) y *Z. mays* (1.51×10^7 UFC/gss).

En cuanto a la población de Actinomicetos se presentaron diferencias significativas entre tratamientos. Las poblaciones aumentaron con respecto al muestreo inicial (6.3×10^5 UFC/gss);

a los 30 días después de la incorporación, la mayor población se presentó en los suelos donde se incorporó *C. ensiformis* (7.9×10^7 UFC/gss) y *C. cajan* arbustivo (6.3×10^6 UFC/gss). La población más baja se presentó en el suelo donde se incorporó *C. niemfuensis* (1.2×10^5 UFC/gss);

Actividad microbiana en el suelo

La mayor actividad microbiana se encontró quince días después de la incorporación de los materiales, en los tratamientos con *C. cajan* arbustivo (1474 g CO₂ / 50 g suelo) y *C. moschata* (1151 mg CO₂ / 50 g suelo), la actividad más baja se registró en el suelo donde se incorporó *C. niemfuensis* (128mg CO₂ / 50 g suelo).

A 30 días de la incorporación, la mayor actividad microbiana se presentó en los suelos donde se incorporaron las leguminosas *C. cajan* arbóreo (1178 mg CO₂ / 50 g suelo), *C. cajan* arbustivo (1109 mg CO₂ / 50 g suelo) y *C. ensiformis* (613 mg CO₂ / 50 g suelo). La actividad más baja se presentó en suelos donde se incorporó *C. niemfuensis* (90 mg CO₂ / 50 g suelo) (Tabla 7). A los 90 días después de la incorporación la mayor actividad microbiana se presentó en los tratamientos con *C. cajan* arbóreo (954 mg CO₂ / 50 g suelo), *C. cajan* arbustivo (887 mg CO₂ / 50 g suelo) y *Z. mays* (812 mg CO₂ / 50 g suelo). La menor actividad microbiana se presentó en los suelos donde se incorporó *C. niemfuensis* (226 mg CO₂ / 50 g suelo).

Tabla 7. Actividad microbiana en suelos donde se incorporaron materiales vegetales como abonos verdes.

Materiales vegetales Muestra inicial	Actividad microbiana (mg CO ₂ /g suelo seco)		
	281		
	(Días después de la incorporación)		
	15	30	90
<i>Zea mays</i>	594 cd	455 c	812 ab
<i>Canavalia ensiformis</i>	948 bc	613 bc	793 ab
<i>Cajanus cajan</i> (arbóreo)	507 cd	1178 a	887 a
<i>Cajanus cajan</i> (arbustivo)	1474 a	1109 ab	954 a
<i>Cynodon niemfuensis</i>	128 d	90 c	226 b
<i>Cucurbita moschata</i>	1151 ab	452 c	645 ab

Promedios con la misma letra en la columna no difieren significativamente al nivel de $P = 0.05$.

En general, la utilización de abonos verdes en este tipo de suelos contribuyó significativamente al mejoramiento de algunas propiedades físicas como la infiltración de agua, químicas como el aporte de materia orgánica y nutrientes y biológicas como el aumento de la actividad microbiana, lo cual favorece el funcionamiento del ecosistema suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Amézquita, E. 1992. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. En Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Seminario Manejo Integral de Suelos para una Agricultura Sostenida (Memorias). Agosto de 1992.
- Burbano, H. 1989. El suelo: una visión sobre sus componentes bioorgánicos. Pasto: Universidad de Nariño, 447p.
- Corporación Autónoma Regional de Cauca (CVC). 1984. Estudio detallado de suelos de la Granja Asociación Experimental Agrícola. 35p.
- Fassbender, H.W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2 ed. Turrialba, Catie 493 p.
- García, J. y Durán, R. 2000. Evaluación de sistemas de labranza sobre la producción de cultivos en suelos algodoneros del valle del Cesar. Suelos Ecuatoriales. Vol 30 No. 1. pp. 76-85.
- Gómez, J. 2000. La materia orgánica en los agroecosistemas. Palmira: Universidad Nacional de Colombia, 70p.
- Naranjo, G.A. 2002. Incidencia en las propiedades fisico-químicas de un vertisol al agregar biomasa (lenteja de agua - *Spirodela poyrhiza*) obtenida en el tratamiento de aguas residuales. Tesis de grado Ing. Agric. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira y Universidad del Valle, Cali, 87p.
- Oldeman, L.R. 1994. The Global Extent of Soil Degradation. In: Greenland D. J; Szabolcs, J (eds). Soil Resilience and Sustainable Land use, pp. 99-118.
- Palm, C.A. y Sánchez, P.A. 1990. Descomposition and nutrient release of the leaves of the tree tropical legumes. Biotropic, vol 22 No. 4, pp. 338-339.
- Parr, J.F. y Papendick, R.I. 1978. Factors affecting the descomposition of crop residues by microorganisms. In: Oswald, W.R (ed). Crop Residues Management System. Madison. American Society of Agronomy, pp 101-129.
- Rangel, D. I. 1988. Evaluación de abonos verdes en el sistema de producción maíz leguminosas, Trabajo de Grado Ing. Agr., Universidad Nacional de Colombia, 1988.
- Sánchez de P., M. 1990. Relación entre las características químicas, físicas y microbiológicas de varios suelos del Valle del Cauca y su efecto en algunos cultivos. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. 144 p.
- Waksman, S.A. 1967. The actinomycetes: A summary of current knowledge. New York: Ronald Press, 280 p.

* Candidato a Ingeniero Agrónomo.

** Profesores de la Universidad Nacional de Colombia.