ALTERNATIVAS AGRONÓMICAS PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS ALGODONEROS DEGRADADOS EN EL VALLE DEL CESAR

Agronomic alternatives for recovery degraded cotton soils in the Cesar Valley

Joaquín García[1], M. Aarón[2], J. M. Maestre[3], J. Blanco[4]

RESUMEN

Durante los años 1.995 y 1.996 se estudiaron, en un suelo tradicionalmente algodonero del Valle del Cesar y localizado en el municipio de Valledupar, departamento del Cesar, algunas alternativas para el mejoramiento de estos suelos (bajos contenidos de materia orgánica, menos de 1.0%, y después de 20 cm de profundidad una alta densidad aparente, 1.78 g/cm^3 y una baja porosidad 33%,) como son el uso la labranza profunda y la incorporación al suelo de abonos verdes y materiales orgánicos. Para labranza profunda se utilizó el arado de cinceles rígidos, como abono verde se uso la crotalaria (*Crotalaria juncea*) y como material orgánico se utilizó el estiércol de ganado bovino (Bovinaza).

Se pudo observar, como efecto de la utilización únicamente de la labranza profunda, en comparación con la labranza tradicional, mejoras en las condiciones del suelo adversas para el crecimiento de las plantas.

Utilizando, además de la labranza profunda, la rotación e incorporación del abono verde y la aplicación del material orgánico se logró mejorar aun mas las condiciones del suelo, disminuyendo la densidad aparente, sobre todo a nivel superficial (0-20 cm). La porosidad también logro aumentarse, lo mismo que el contenido de materia orgánica.

Así mismo, también se encontró aumentos en la producción del cultivo del algodón utilizando la rotación del cultivo con el abono verde y/o incorporación del material orgánico.

Palabras claves: Recuperación de suelos, labranza, compactación, abonos verdes, bovinaza, algodón.

ABSTRACT

It was studied during the years 1995 and 1996 in a traditional cotton soils of the Cesar Valley, Valledupar, Cesar Departament of Colombia, some alternatives for the improvement of these soils (low organic matter, less thah 1% high bulk density 1.78 gr/cm^3 and a low porosity under 20 cm depth) using the deep tillage and green manure. It was ased the point shisel plow and crotalaria as green manure and bovinese as organic dressing.

It was noted the improve of physical soil properties the deep tillage in compariso of with the traditional tillage. Besides that, the incorporation green manure and organic dressing improve the bulk density in the plow layer.

It was found also the increasing of cotton producties using the green monam and the organic dressing.

Index Words: Soil recovery, tillage, compactation, green manure, bovinese, cotton.

1. I.A. MSc., Manejo de Suelos. Corpoica, C.I. Turipaná, Apartado aéreo 602. Montería.
2. I.A., Investigador agrícola, Creced Norte del Cesar, Corpoica. Apartado aéreo 496. Valledupar.
3. I.A., MSc., Producción de cultivos, C.I. Motilonia, Corpoica. Apartado aéreo 021, Codazzi.
4. I.A., Maquinaria agrícola, SENA, Seccional CESAR, CAISA, Km 7 vía la Paz. Valledupar.

INTRODUCCION

La degradación de un alto porcentaje de los suelos dedicados a la principal actividad agrícola del Valle del Cesar y que en su total llegan aproximadamente a 180.000 hectáreas, de las 360.000 que lo conforman, cubriendo parte de los departamentos del Magdalena, Cesar y Guajira, como son entre otras la perdida de estructura, perdida de materia orgánica, disminución de la actividad biológica, compactación, sellamiento superficial (encostramiento) y disminución de la capacidad de infiltración y retención de humedad y disponibilidad de nutrientes, ocasionado por el uso indiscriminado e inapropiado, en mas de 40 años consecutivos, de la maquinaria e implementos utilizados en la preparación del suelo, ha incidiendo en la disminución de hasta un 35% del rendimiento del principal cultivo de la región, el algodón, así como también, en porcentajes algo similares, de otros cultivos que son sembrados algunas veces en rotación y además problemas en el establecimiento de aquellos de sustitución como las pasturas.

Esta situación tiene profundas repercusiones en la región, donde la agricultura y la ganadería son las principales actividades económicas; mas aun, si el proceso degradativo se esta presentando en los suelos de mayor capacidad productiva, como son los suelos algodoneros (Cj). En los tres departamentos de esta región del país, Magdalena, Cesar y Guajira, son utilizados en estas actividades aproximadamente 4'211.670 hectáreas, correspondientes al 65% del área total regional. Los subsectores de agrícolas y pecuarios ocupan el 9.0 y 56% respectivamente de esta área.

Para mejorar los rendimientos y aumentar la rentabilidad y por ende la competitividad de los cultivos y la producción de forraje de las praderas, tanto en las áreas afectadas por problemas de mal manejo del suelo o por problemas de índole natural, se hace necesario, además del uso de material vegetal genético adaptado a las condiciones edaficas y climáticas adversas de la zona, desarrollar e implementar de manera racional, dentro de un sistema de producción sostenible y competitivo, determinadas prácticas agronómicas que mejoren, por un lado, aquellas condiciones edaficas adversas que afectan el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos y de las pasturas.

REVISION DE LITERATURA

La planeación del uso y manejo de los suelos con miras a la sostenibilidad de la agricultura, debe basarse en el conocimiento del impacto de las fuerzas degradativas que actúan sobre el suelo y la resistencia que este opone a ser degradado. Las fuerzas degradativas que actúan permanentemente sobre el recurso suelo, en sistema de agricultura intensiva puede dividirse en dos: las naturales y las inducidas por el hombre. Las fuerzas naturales, están representadas fundamentalmente por la agresividad de las lluvias, producto de las manifestaciones de su intensidad. Las segundas, están relacionadas con el uso indiscriminado, inoportuno e inapropiado de los implementos de preparación de suelos, los cuales, usados en forma indebida, se constituyen en la principal arma degradativa de la estructura y del contenido de materia orgánica, causando así una disminución progresiva de la capacidad productiva del suelo. (Amézquita, 1.992).

El termino degradación se refiere a la perdida del potencial productivo de un suelo, por deterioro de sus propiedades físicas, químicas o biológicas, como consecuencia del uso de prácticas agrícolas inapropiadas a través del tiempo (Amézquita, 1.992).

El grado de deterioro del suelo depende de la intensidad de su uso y del conocimiento que se tenga de los limites críticos tolerables, que presenten los cultivos, en relación con sus exigencias edafologicas (LAL, 1.985).

Lo anterior implica que no se puede hablar de degradación en términos generales, sino de limitaciones en alguna o algunas características del suelo que afectan directamente alguno de los factores de crecimiento de las plantas: succión, aireación, temperatura, desarrollo de raíces y suministro de nutrientes (Amezquita, 1.992).

Siendo la degradación un proceso de deterioro de la capacidad productiva del suelo, en ella están involucradas muchas características y propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo que es difícil separar porque actúan simultáneamente debido a interrelaciones e interdependencia entre ellas. La degradación física comprende la perdida de estructura, de materia orgánica y compactación, exceso de humedad asociada a la falta de oxigenación y erosión (Amezquita, 1.992).

La degradación biológica del suelo se inicia con la deforestación, continua con las labores de preparación del suelo y se acentúa con el uso de productos químicos (fertilizantes, cales y pesticidas, etc.) que alteran el medio ecológico del suelo y lo hacen im-

propio para muchas especies de microorganismos (Amezquita, 1.992).

La perdida acelerada de la materia orgánica en regiones tropicales, después de la deforestación, es la causa de la perdida de la productividad de los suelos, que conllevan a cambios negativos en la diversidad y poblaciones microbiales, a disminución en la estabilidad estructural de los agregados formados por exudaciones y secreciones de microorganismos y a perdida de potencial de restitución de elementos nutritivos a medida que la materia orgánica se descompone (Sánchez, 1.981).

Danahve et al (1.977), en trabajos realizados en Illinois, demostraron que 40 años de agricultura continua, crearon en el suelo una alta compactación en la zona de mayor actividad radicular incidiendo en el rendimiento de los cultivos. Franco (1.986), citando a Kelly (1.973), informa que el exceso en el uso de rastras conduce a la formación de capas impermeables, que entorpecen la penetración de las raíces.

Frey (1.985) trabajando con suelos del litoral Atlántico midió el efecto de la compactación en el desarrollo del algodonero y encontró que cuando la densidad aparente es superior a 1.50 g/cms^3, la porosidad total inferior a 40% y la resistencia a la penetración mayor de 10 log kp/mm, puede considerarse que existen limitaciones para el desarrollo normal del cultivo.

Estudios preliminares indican que con cambios efectuados en las labores tradicionales de preparación de suelos y usando practicas agronómicas apropiadas, solas o combinadas, es posible mejorar las condiciones adversas de los suelos e incrementar progresivamente con el tiempo los rendimientos de los cultivos, alcanzando niveles bastantes aceptables al lograr vencer los factores limitantes.

Castro y Amezquita (1.991) realizaron estudios sobre sistemas de labranza y producción de cultivos en suelos algodoneros del Tolima con limitantes físicos, donde pudieron observar cambios en las propiedades físicas con el uso de diferentes sistemas de labranzas. Con el uso de la labranza profunda, en suelos con limitaciones físicas, se presentó disminución en la densidad aparente, aumentos en el porcentaje de porosidad total, almacenamiento de humedad y espaciamiento aéreo, con relación al uso de la labranza convencional. Respecto al comportamiento agronómico cabe destacar que el incremento en la producción y características morfológicas de las plantas, de cultivos de algodón y sorgo, fueron significativamente mayores cuando los suelos fueron preparados con labranza profunda.

Herrera y Amezquita (1.989) concluyeron que dependiendo del tipo de labranza hubo o no mayor compactación del suelo a través del tiempo, cambios considerables en la porosidad y en las capas compactadas.

Algunos autores, como Cairo et al., (1.986), Mojica et al. (1.987) y Arana (1994), reportan mejoras en algunas condiciones físicas del suelo con el uso de ciertos compuestos orgánicos productos de la misma industria agrícola y pecuaria como la cachaza, la vinaza y el estiércol de corral.

En experimentos realizados a largo plazo y con la utilización continuada de abonos orgánicos, Muñoz (1.994) pudo establecer que las propiedades químicas del suelo varían considerablemente en relación con su estado original.

Zhang (1.994), también encontró cambios en las propiedades físicas de un suelo con la adición de materia orgánica, observando incrementos en la porosidad total, mayor retención de humedad y un mejor arreglo de las partículas del suelo.

Desde años atrás se vienen utilizando las bondades de la simbiosis de unos microorganismos del suelo, las bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico del genero Rhizobium, con especies de plantas leguminosas, con la finalidad de servir como abono verde y como fuente de nitrógeno para los cultivos en rotación, incrementando así, por un lado, los rendimientos y por otro mejorando el contenido de materia orgánica de los suelos (Siqueira y Franco, 1.988).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo de investigación se desarrollo, por dos años consecutivos, 1995 y 1996, en un suelo algodonero del Valle del Cesar localizado en el municipio de Valledupar (Cesar), con la finalidad de evaluar el comportamiento del suelo y del cultivo del algodón con la utilización de labranza profunda, con la rotación e incorporación de un abono verde (*Crotalaria juncea)* y la aplicación e incorporación de un material orgánico (Estiércol de vacuno) comparando los resultados con un tratamiento testigo que es el que aplica el agricultor, labranza convencional para la siembra del cultivo en el segundo semestre y descanso en el primero. El abono verde se sembraba en

el primer semestre del año y el cultivo del algodón en el segundo. La aplicación del estiércol se realizaba un mes antes de la siembra del algodón. Utilizándo-se para la siembra del algodón la variedad Gossica MC-22.

Los tratamientos utilizados fueron:

1. Labranza Profunda (Arado de cinceles rígidos y vibratorios).
2. L. Profunda mas siembra e incorporación de abono verde (Crotalaria: 13 Kg/ha de semilla).
3. L. Profunda mas aplicación e incorporación de estiércol de vacuno o Bovinaza (30 ton/ha).
4. L. Profunda mas abono verde y estiércol.
5. Testigo: Labranza convencional (Dos pases de rastra pesada de discos y dos pases de rastrillo pulidor).

En este experimento, realizado dentro de un diseño experimental de franjas divididas con tres repeticiones, fueron tomados y analizados parámetros tanto en el suelo (resistencia a la penetración, densidad aparente, porosidad y contenidos de humedad) después de la aplicación de los tratamientos, como en las plantas (penetración de raíces, altura de plantas y rendimiento).

La densidad aparente fue determinada por el método del cilindro y la densidad de partículas o real por el método del picnometro (IGAG, 1990).

El análisis de los resultados se realizó mediante el análisis de varianza y la prueba de comparación de medias de Duncan (5%).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se pudo observar, como efecto de la utilización únicamente de la labranza profunda, en comparación con la labranza tradicional, mejoras en las condiciones del suelo adversas para el crecimiento de las plantas como son, disminución de la densidad aparente a profundidad (de 20 - 40 cm) de 1.76 hasta 1.67 g/cm^3 en el segundo año y disminución en la resistencia a la penetración por aumentos en el crecimiento radicular del algodón en un 123% (de 26 a 58 cm). También se observa un incremento en la porosidad total del suelo (de 32.8 hasta 36.9%). A nivel superficial no se observo cambios en la densidad aparente (1.63 a 1.64 g/cm^3) ni en la porosidad total (38.5 a 38.1%) (Tablas 1 y 2). Por otro lado, también se pudo observar aumentos en el crecimiento de las plantas en un 21% (de 76 a 92 cm), y en la producción del cultivo en un 39% (de 930 a 1.301 Kg/ha) (Tablas 4 y 5).

Utilizando, además de la labranza profunda, la rotación e incorporación del abono verde y la aplicación del material orgánico se logró mejorar aun mas las condiciones del suelo, incrementándose el porcentaje de materia orgánica en los tratamientos con adición de estiércol únicamente de 0.82% a 1.20% y hasta 1.80% en el tratamiento donde se utilizo estiércol mas abono verde, disminuyendo la densidad aparente, sobre todo a nivel superficial (0-20 cm), de 1.64 g/cm^3, inicialmente, a 1.54 g/cm^3 con la incorporación del abono verde en el segundo año, a 1.58 g/cm^3 con la incorporación de estiércol de vacuno y a 1.47 g/cm^3 con la incorporación del abono

Tabla 1. *Efecto del uso de labranza profunda, incorporación de abonos verdes y orgánicos sobre la densidad aparente de un suelo degradado en el Valle del Cesar. Valledupar.*

Tratamientos	Densidad aparente (gms/cm^3)[1]					
	Inicial		1.995		1.996	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
	1.64	1.77				
Testigo			1.63	1.78	1.64	1.75
Labranza Profunda			1.65	1.72	1.64	1.67
L. Profunda + Abono Verde			1.59	1.71	1.54	1.62
L. Profunda + Estiércol			1.62	1.70	1.58	1.64
L. Profunda + A. V. + Estiércol			1.53	1.72	1.47	1.64
Diferencia estadística			**	**	**	**

(1) Promedio de tres repeticiones.

Tabla 2. Efecto del uso de labranza profunda, incorporación de abonos verdes y orgánicos sobre la Porosidad de un suelo degradado en el Valle del Cesar. Valledupar.

Tratamientos	Porosidad (%)[1]					
	Inicial		1.995		1.996	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
	38.1	33.2				
Testigo			38.5	32.8	38.1	34.0
Labranza Profunda			37.7	35.1	38.1	36.9
L. Profunda + Abono Verde			40.0	35.5	41.9	38.9
L. Profunda + Estiércol			38.9	35.8	40.4	38.1
L. Profunda + A.V. + Estiércol			42.3	35.1	44.5	38.1
Diferencia estadística			**	**	**	**

(1) Promedio de tres repeticiones.

Tabla 3. Efecto del uso de labranza profunda, incorporación de abonos verdes y orgánicos sobre la Materia Orgánica y Conductividad Eléctrica de un suelo degradado en el Valle del Cesar. Valledupar. (1994 - 1.996B).

Tratamientos	Características			
	Inicial (1.994)		Final (1.996B)	
	M.O	C.E	M.O	C.E
	(%)	(mmhos/cm)	(%)	(mmhos/cm)
	0.82	0.61		
Testigo			0.60	0.28
Labranza Profunda			0.90	0.78
L. Profunda + Abono Verde			0.90	0.60
L. Profunda + Estiércol			1.20	1.19
L. Profunda + A. Verde + Estiércol			1.80	1.79

verde mas el estiércol (Tabla 3). La porosidad también logro aumentarse hasta 41.9% con la incorporación del abono verde, hasta 40.4% con la bovinaza y hasta 44.5% con la incorporación del abono verde mas el estiércol o bovinaza (Tabla 2). Se observa también incrementos, como es esperado, en los valores de conductividad eléctrica donde se aplicó estiércol (Tabla 3).

Así mismo, también se encontró aumentos en la producción del cultivo del algodón utilizando la rotación del cultivo con el abono verde y/o incorporación del material orgánico. Así, aumentos en altura de plantas: de 76 cm del testigo (labranza tradicional) a 108 cm con la incorporación de abono verde (42%), a 115 cm con la incorporación de bovinaza (51%), y a 118 cm con el tratamiento donde se incorporo el abono verde mas el estiércol (55%). Aumentos en el rendimiento del cultivo: de 930 Kg/ha a 1.355 Kg/ha con la incorporación del abono verde (46%), a 1.650 Kg/ha con la aplicación de la bovinaza (77%), y a 1.950 con la incorporación del abono verde mas la bovinaza (110%) (Tablas 4 y 5; Figuras 1 y 2).

CONCLUSIONES

Los resultados de la presente investigación, permiten las siguientes conclusiones:

Tabla 4. Efectos de la utilización de la labranza profunda e incorporación de abonos verdes y orgánicos sobre la altura de plantas de algodón en suelos degradados del Valle del Cesar. Valledupar, 1995, 1996.

Tratamientos	Altura de Plantas[1] (cm)			
	1995	1996	X	(%)
Testigo	75 c	77 c	76	——
Labranza profunda	86 bc	97 b	92	(21)
L. Profunda + Abono Verde	116 a	99 b	108	(42)
L. Profunda + Estiércol	104 ab	126 a	115	(51)
L. Profunda + A.V. + Estiércol	110 a	125 a	118	(55)
Diferencia estadística	**	**		

(1) Promedio de tres repeticiones.

- En estos suelos algodoneros del Valle del Cesar con problemas físicos, sobre todo con capas compactadas, el único sistema de labranza que mejora las condiciones del suelo a profundidades mayores de 25 cm es el profundo, con el uso de arado de cinceles rígidos.
- En suelos que hayan perdido su materia orgánica y presenten problemas de estructura y compactación, buenas alternativas serian la siembra e incorporación del abono verde crotalaria, la aplicación e incorporación de materiales orgánicos como el estiércol de ganado o bovinaza o la combinación de ambas. Siendo mejor el efecto de la bovinaza.
- Las labores de cincelada incrementaron los rendimiento del algodón, así como también la utilización del abono verde y del estiércol.
- Es recomendable continuar con este tipo de trabajos por mas años para poder observar sus efectos, sobre todo en el suelo, a través del tiempo.

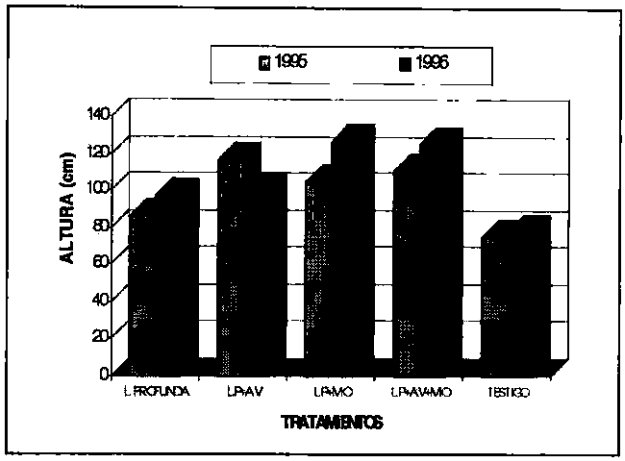

Figura 1. Efectos del uso de labranza profunda e incorporación de abonos verdes y orgánicos sobre la producción de un cultivo de algodón en suelos degradados del Valle del Cesar. Valledupar, 1995, 1996.

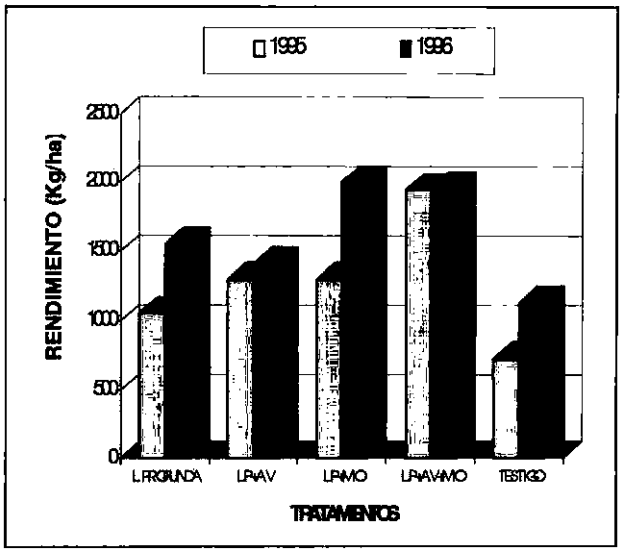

Figura 2. Efectos del uso de labranza profunda e incorporación de abonos verdes y orgánicos sobre la producción de un cultivo de algodón en suelos degradados del Valle del Cesar. Valledupar, 1995, 1996.

***Tabla 5.** Efectos de la utilización de la labranza profunda e incorporación de abonos verdes y orgánicos sobre la producción de un cultivo de algodón en suelos degradados del Valle del Cesar. Valledupar, 1995, 1996.*

Tratamientos	Rendimiento[1] (Kg/ha)			
	1995	1996	X	(%)
Testigo	724 c	1.135 b	930	——
Labranza profunda	1.055 bc	1.546 ab	1.301	(40)
L. Profunda + Abono Verde	1.302 b	1.407 ab	1.355	(46)
L. Profunda + Estiércol	1.296 b	2.003 a	1.650	(77)
L. Profunda + A.V + Estiércol	1.949 a	1.950 a	1.950	(110)
Diferencia estadística	**	**		

(1) Promedio de tres repeticiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMEZQUITA, E. C. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. Actualidades ICA, Año 6, No. 70. 1992.

ARANA, R. Cosechan hortalizas en suelos sin vida agrícola. Carta Universitaria, Universisdad Nacional. No. 67. 1.995.

CAIRO, P., LOPEZ, J., CABRERO, R., ESTABLE, M. Influencia de la cachaza y la cal sobre la materia orgánica y algunas propiedades físicas de un suelo pesado. Revista Centro Agrícola. 13: 14-23. 1986.

CASTRO, H.E.; AMEZQUITA, E. Sistemas de labranza y producción de cultivos en suelos con

limitantes físicos. Suelos Ecuatoriales. Vol. 21, No. 1. 1991.

DONAHVE, R. L., et al. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Mexico, Prentice/ Hall, 1.977. pp 302-315.

FRANCO, A. R. Efecto del sistema de cosecha semimecanica en caña de azúcar, sobre la compactación del suelo y la producción de soca siguiente. Universidad Nacional de Colombia. Tesis de M.Sc. 1986.

FREY, C.A. Relación entre las características y manejo de algunos suelos cultivados con labranza mínima y el crecimiento del algodonero en el litoral Atlántico. Suelos Ecuatoriales. Vol. 17, No. 2 : 32-42. 1987.

HERRERA, P.P.; AMEZQUITA, E. Efecto de la labranza sobre algunas propiedades físicas del suelo. Universidad Jorge Tadeo lozano. Tesis de grado. 1989.

LAL, R. Surface soil degradation and management strategies for sustained productivity in the tropics. Ibsram proceedings. No. 3: 167-177. 1985.

MOJICA, F.; ACUÑA, J.; BLANCO, F. Aplicación de vinaza como abono en el maíz (Zea mays) y su efecto sobre las propiedades físicas. Suelos Ecuatoriales. Vol. 17, No. 2: 25-31. 1987.

MUÑOZ, R. A. Los abonos orgánicos y su uso en la agricultura. En: Fertilidad de Suelos, Diagnostico y control. SCCS. 1994, pp 293-304.

SÁNCHEZ, P.A. Suelos del trópico, características y manejo. IICA. Costa Rica. 1981.

SIQUEIRA, J. O. & FRANCO, A. A. Biotecnologia do solo, Fundamentos e Perspectivas. ABEAS. 1988. 235 p.

ZHANG, H. Organic matter incorporation affects mechanical properties of soil aggregates. Soil & Tillage Research. 31: 263-275. 1994.