ALTERNATIVAS TECNOLOGICAS PARA EL MANEJO DE SUELOS ALGODONEROS EN EL VALLE DEL SINU Y SABANAS DE SUCRE

Joaquín Garcia Peña[1]
Rodrigo Garcés G.[2]
Benjamín Rivera C.[2]
Judith Martínez Atencia [3]

RESUMEN

Los suelos algodoneros del Valle del Sinú han estado sujetos por más de 35 años al uso de la maquinaria e implementos utilizados en la preparación de los suelos. Debido a ello, en los últimos años se ha diagnosticado un deterioro de los suelos, reflejado en compactación, disminución de la materia orgánica, pérdida de estructura y disminución de la disponibilidad de nutrientes. Con el fin de contribuir a solucionar esta problemática, durante la temporada algodonera 1999-2000 se realizó un segundo ciclo de investigaciones del Plan Nacional de Algodón, que tuvo como objetivo específico generar tecnología para recuperar este tipo de suelos mediante el uso de sistemas de labranza y abonos verdes. Los resultados obtenidos indican que la labranza profunda es la mejor alternativa para lograr este propósito, pues se lograron incrementos de producción hasta de 27% en los suelos del Valle Medio del Sinú y de hasta 18% en los suelos de las Sabanas de Sucre, en comparación con la labranza convencional. Así mismo, con respecto a la labranza cero, se lograron incrementos hasta de 34% en el Valle Medio del Sinú y hasta de 66% en las Sabanas de Sucre. Con respecto al uso de abonos verdes en rotación con el cultivo de algodón se obtuvieron aumentos en los rendimientos superiores al 30% con el uso del fríjol capizhuna y la crotalaria. En esta forma se pudo concluir que combinando la labranza profunda con la incorporación de abonos verdes se mejoran las condiciones del suelo para la producción del cultivo, lo cual se manifiesta en la disminución de la densidad aparente del suelo (1.51 a 1.43 g/cm3), incrementos en la materia orgánica (2.02 a 2.53%) y aumentos en la producción promedia del cultivo hasta en 39% con el uso de arado de cinceles y hasta 42% con el uso de crotalaria, como abono verde.

[1] IA, MSc. Investigador grupo agrícola Corpoica. AA. 602, Montería, Córdoba.
[2] IA, Investigador grupo agrícola Corpoica. AA. 602, Montería, Córdoba.
[3] Ing. Agrícola, Investigador grupo agrícola Corpoica. A.A. 602, Montería, Córdoba.

INTRODUCCION

Durante los últimos años se ha diagnosticado un deterioro de los suelos algodoneros de la microregión Valle del Sinú, reflejado, entre otros, en disminución de la materia orgánica, pérdida de estructura, compactación y disminución en la disponibilidad de nutrientes. Esto ha sido ocasionado por el uso indiscriminado e inapropiado, por más de 35 años consecutivos, de la maquinaria e implementos utilizados en la preparación del suelo. Lo anterior incide en disminución de la capacidad productiva del mismo y en la pérdida de competitividad de los cultivos, principalmente del algodón y del maíz. En reu-niones realizadas antes de la iniciación del Plan de Algodón, esta problemática fue identificada y priorizada por los asistentes técnicos, agricultores, docentes universitarios e investigadores de las diferentes regiones algodoneras y en particular en las microregiones del Valle del Sinú y las sabanas de Sucre.

El término degradación se refiere a la pérdida 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, 1992). 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 edafológicas (LAL, 1985).

Los niveles tolerables de las características del suelo que afectan directamente el desarrollo de las plantas, no solo dependen del suelo en sí, sino también del cultivo y de la fuerte influencia del clima sobre el comportamiento del suelo durante el periodo de crecimiento de un cultivo (Amézquita, 1992).

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 mismo, que son difíciles de separar porque actúan simultáneamente debido a interrelaciones e interdependencia entre ellas. La degradación física comprende la pérdida de estructura, de materia orgánica y compactación, exceso de humedad asociada a la falta de oxigenación y erosión (Amézquita, 1992).

La degradación biológica del suelo se inicia con la deforestación, continúa 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 inapropiado para muchas especies de microorganismos (Amézquita, 1992). La pérdida acelerada de la materia orgánica en regiones tropicales, después de la deforestación, es la causa de la pérdida de la productividad de los suelos, que conlleva a cambios negativos en la diversidad de las poblaciones microbiales, a disminución en la estabilidad estructural de los agregados, formados por exudaciones y secreciones de los mismos y a pérdida de potencial de restitución de elementos nutritivos, a medida que la materia orgánica se descompone (Sánchez, 1981).

En estudios realizados en el Valle Medio del Sinú se ha encontrado que los suelos que han estado bajo explotación agrícola permanente durante los últimos años, presentan un primer horizonte con valores bajos de densidad aparente, alta porosidad total, y de moderada a alta conductividad hidráulica (García, 1991). Estas características han sido el resultado de la fuerte actividad agrícola, especialmente de mecanización, y donde se está incorporando continuamente la materia orgánica (residuos de cosecha), pero en el segundo horizonte se encontraron valores totalmente contrarios, es decir, alta densidad aparente, baja porosidad total y de lenta a muy lenta conductividad hidráulica, baja actividad radicular hasta el punto de encontrar que las raíces del algodón se curvan en la parte su-

perior de este horizonte, lo cual indica un fuerte estado de compactación de estos suelos.

Los suelos de explotación en ganadería semi-extensiva, presentaron un comportamiento inverso al de cultivos, la capa compactada se presenta en el horizonte superficial, con lo que la profundidad radicular queda definida por los primeros 7 cm.

JUSTIFICACION

Para mejorar los rendimientos y aumentar la rentabilidad y por ende la competitividad de los cultivos, tanto en las áreas afectadas por problemas de mal manejo del suelo como en aquellas áreas potenciales aun no degradadas o intervenidas, se hace necesario, además del uso de material genético adaptado a las condiciones climáticas 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 edáficas adversas que afectan el normal crecimiento y desarrollo de las plantas, y por otro lado, que conserven aquellas favorables.

Estudios preliminares indican que con cambios efectuados en las labores tradicionales de preparación de suelos y usando prácticas 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 factores limitantes.

Castro y Amézquita (1.991) realizaron estudios sobre sistemas de labranza y producción de cultivos en suelos algodoneros del Tolima con limitantes físicos, en los cuales 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 logró disminuir la densidad aparente, aumentar 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 de cultivos de algodón y sorgo y las características morfológicas de las plantas, fueron significativamente mayores cuando los suelos fueron preparados con labranza profunda. Además, Enlers (1.980), reporta que el uso de diferentes sistemas de labranza produce cambios en la densidad del suelo y en el crecimiento de las raíces.

En experimentos realizados a largo plazo y con la utilización continuada de abonos orgánicos, Muñoz (1994) pudo establecer que las propiedades químicas del suelo varían de manera considerable en relación con su estado original. Zhang (1994), 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 mejor arreglo de las partículas del suelo.

En atención a lo anterior, fue posible plantear el presente trabajo que tuvo como objetivo específico evaluar diferentes sistemas de labranza y la utilización de especies de plantas leguminosas potenciales como abonos verdes, para el mejoramiento y conservación de los suelos y por ende para el incremento de los rendimientos del cultivo.

METODOLOGIA

La Investigación sobre el manejo de los suelos algodoneros se realizó mediante tres grandes actividades:

1. Evaluación de diferentes sistemas de labranza en suelos algodoneros del Medio Sinú y de las Sabanas de Sucre

Este experimento se realizó durante la temporada algodonera 1.999 - 2.000 en cuatro localidades, tres de ellas en el Valle Medio del Sinú y una en la región de San Pedro (Sucre). Las localidades del Valle del Sinú se ubicaron en el municipio de Monteria (finca Las Mercedes, vereda Buenaventura) y las otras dos en el Municipio de Cereté (finca del C.I. Turipaná y finca La Fortuna, vereda La Pozona). En la región de San Pedro, el experimento se hizo en la vereda San José de las Palmas (finca Las Palmas)

El objetivo de esta actividad fue evaluar la efectividad de cuatro sistemas de labranza o preparación de suelos sobre la recuperación de algunas propiedades del suelo y sobre el comportamiento productivo del cultivo de algodón (variedad DP-5415).

Los sistemas de labranza estudiados fueron:

- Labranza convencional: en el Valle del Sinú consistió en dos pases de una rastra pesada de discos (Romme) y dos pases del rastrillo pulidor. En las Sabanas de Sucre consistió en un pase de un arado de discos, un pase de un rastrillo californiano y un pase de pulidor.

- Labranza profunda o vertical: consistió en un pase de un arado de cinceles rígidos y un pase de un rastrillo pulidor.

- Labranza reducida o mínima: consistió en un pase de rastra pesada y un pase del rastrillo pulidor.

- Cero labranza: no se utilizaron implementos de labranza, la siembra se hizo directamente sobre el suelo sin preparar.

El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar con tres repeticiones.

2. Efecto de la rotación con abonos verdes sobre la producción de algodón

Este experimento tuvo como objetivo evaluar el efecto de la incorporación al suelo de algunas especies leguminosas como abonos verdes, aportantes de materia orgánica y nutrientes para los suelos algodoneros. Las especies de leguminosas fueron: Crotalaria (*Crotalaria juncea*), frijol caupi (*Vigna unguiculata*), Canavalia (*Cannavalia ensiformis*), mucuna o Vitabosa (*Mucuna deeringianum*) y Frijol capizhuna (*Vigna sp.*). Estas especies fueron sembradas en rotación con el cultivo de algodón, variedad DP-5415. Los abonos verdes se sembraron en el primer semestre del año y el cultivo del algodón en el segundo. Las especies de leguminosas fueron incorporadas al suelo mediante un rastrillo, al llegar cada una de ellas a la floración.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones donde se tomaron y analizaron datos de producción de biomasa de los abonos verdes y de producción del cultivo en rotación.

3. Mejoramiento y conservación de la capacidad productiva de los suelos mediante la utilización de algunas prácticas agronómicas

Esta actividad fue realizada con el fin de encontrar soluciones para mejorar aquellos suelos que se encuentran física y biológicamente afectados por la intensa actividad agrícola a que han estado sometidos por largo tiempo y que presentan problemas para la producción competitiva de algodón. En este experimento se integraron las prácticas de los experimen

tos anteriores: la labranza profunda o vertical con arado de cinceles rígidos y la incorporación de residuos de cosecha y de abonos verdes.

Se utilizó un diseño experimental de parcelas divididas con tres repeticiones donde la parcela principal fue el uso de los sistemas de labranza y las subparcelas, los cultivos de rotación, los cuales son sembrados en el primer semestre del año.

Los sistemas de labranza utilizados fueron:

- Labranza profunda o vertical. Esta labranza se realizó roturando el suelo, sin voltearlo, a más de 35 cm de profundidad con un arado de cinceles.
- Labranza Convencional: rastra y rastrillo de discos, y
- Cero labranza: siembra directa.

En las subparcelas se emplearon los siguientes tratamientos:

- Siembra e incorporación del abono verde (crotalaria);
- Siembra del cultivo de rotación (maíz en el primer semestre del año), y
- Testigo (lote libre, sin ningún cultivo).

La crotalaria fue desbrozada (cortada) e incorporada al suelo en la época de floración (75 días de emergida) al igual que los residuos del cultivo de maíz después de la recolección. La incorporación de los residuos al suelo se realizó únicamente en los tratamientos donde se utiliza la labranza convencional y la profunda. En la cero labranza, los residuos vegetales se dejan sobre la superficie del suelo, a manera de cobertura.

RESULTADOS Y DISCUSION

1. Evaluación de sistemas de labranza

La densidad aparente es un indicador del grado de compactación de los suelos ya que relaciona el volumen ocupado por una masa de suelo en estado natural, sin disturbar. Valores altos de densidad aparente (superiores a 1.5 g/cm3) se relacionan con condiciones de compactación, baja porosidad y aireación del suelo. En la Figura 1 se observan los valores de densidad aparente del suelo por efecto de la utilización de los diferentes sistemas de labranza a diferentes profundidades en las cuatro localidades en estudio.

En general a medida que se profundiza en el perfil del suelo de 0 a 50 cm, se observan incrementos en los valores promedios de densidad aparente: de 1,38 a 1,54 g/cm3 en Turipaná; de 1,25 a 1,51 g/cm3 en La Pozona; de 1,39 a 1,42 g/cm3 en Buenaventura, y de 1,40 a 1,53 g/cm3 en San Pedro. Lo anterior se debe a que a medida que se profundiza en el perfil del suelo se reducen los contenidos de materia orgánica a través del perfil y por otro lado, a que la presión ejercida por las capas superiores sobre las subyacentes ocasiona una compactación y reducción en la porosidad (Buckman y Brady, 1970; Kiehl, 1979).

En general los valores de densidad aparente que se aprecian en la Figura 1 a partir de los 20-30 cm de profundidad, pueden ser considerados como valores altos de densidad, pues son mayores de 1.50 g/cm3, lo que indica la presencia de capas compactadas a esa profundidad. Frey (1.985) en trabajos realizados en 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/cm3, la porosi-

dad total es inferior a 40% y la resistencia a la penetración es mayor a 10 log kp/mm, el suelo se puede considerar con limitaciones para el desarrollo normal del cultivo.

Como se observa en la Figura 1 la labranza profunda, con arado de cinceles rígidos, es la única que presenta en todas las localidades una disminución en la densidad aparente a profundidades mayores de 20 cm con respecto a los otros sistemas. Esto indica que es el único implemento que por efecto de su trabajo puede romper capas compactadas a profundidades mayores que las que realizan otros implementos, pudiendo así disminuir la densidad aparente del suelo, dando por lo tanto mejores condiciones para el normal desarrollo de las plantas. Es de esperar que una planta con raíz pivotante y profunda como el algodón presente un mejor comportamiento productivo en los suelos en donde se corrige la compactación (Enlers, 1.980).

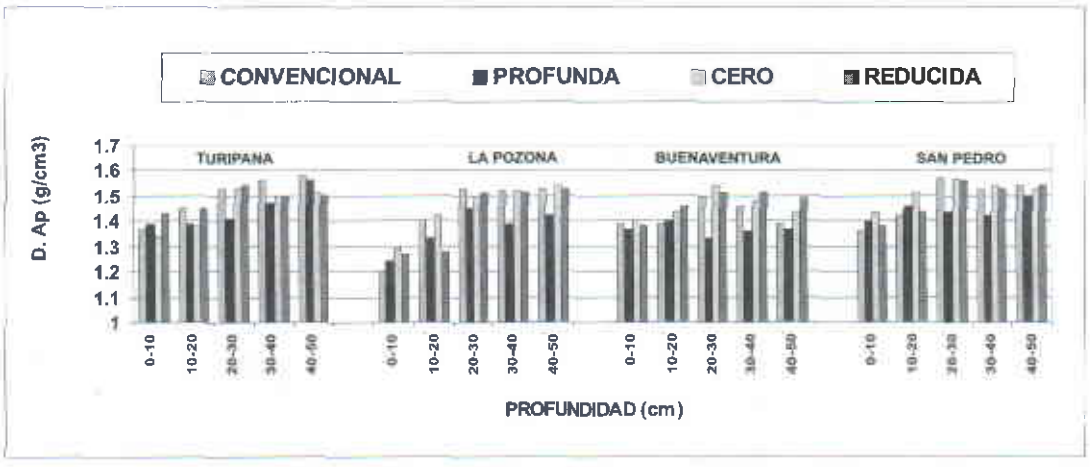

Figura 1. Densidad aparente a diferentes profundidades de los suelos en las cuatro localidades después de la aplicación de los tratamientos. 1999-B

En la Tabla 1 se observan los efectos del uso de varios sistemas de labranza sobre los rendimientos de algodón con semilla en las distintas localidades en donde se llevó a cabo el experimento. Se observa de manera general que el tratamiento con labranza cero es el que muestra, en las diferentes localidades, los más bajos rendimientos (2.509, 2.067, 2.656 y 849 kg/ha para Turipaná, Buenaventura, La Pozona y San Pedro, respectivamente). Por su parte en donde se realizó la labranza profunda con cinceles, se obtuvieron rendimientos de algodón con semilla de 3.373, 2.592, 3.264 y 1.406 kg/ha para las mismas localidades. Estos rendimientos fueron 34, 25, 23 y 66% superiores a los obtenidos con la labranza cero en esos mismos lugares. De igual forma, en promedio, la labranza profunda permitió rendimientos que superaron en 639, 476, y 358 kg/ha a los obtenidos con la labranza cero, labranza reducida y labranza convencional, respectivamente.

Estos resultados indican que en suelos algodoneros, con varios años de trabajos con implementos de discos, es necesario el uso del arado de cinceles rígidos con la finalidad de romper las capas compactadas y mejorar las condiciones para el crecimiento de plantas como el algodón que tienen raíces profundas. Los anteriores resultados muestran además que en suelos con problemas de compac-

tación la cero labranza o siembra directa, presenta inconvenientes debido a que persiste el problema de compactación. Para poder incorporar los suelos compactados al sistema de labranza cero se requiere previamente realizar labores de recuperación con el arado de cinceles.

Con el objeto de evaluar la conveniencia económica de los tratamientos, se efectuó un análisis comparativo de los sistemas de labranza que se muestra en las Tablas 2 y 3 para el Valle del Sinú y las Sabanas de Sucre, respectivamente. Para ello se considera como costo variable los gastos inherentes a los tratamientos evaluados, como son preparación de suelo y control de malezas, aclarando que en la microregión Valle del Sinú, por las condiciones climáticas del segundo semestre, la siembra del algodón la realizan normalmente los agricultores en forma directa, manejando las malezas por medio de una «quema» química, por consiguiente este control fue uniforme para todos los tratamientos.

Tabla 1. Efecto del uso de cuatro sistemas de labranza sobre la producción de algodón semilla en suelos del medio Sinú y de la región de San Pedro (Sucre), 1999/2000.

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)[1/]								
	Turipana		Buenaventura		La Pozona		San Pedro		Promedio
Cero Labranza	2.509 b[2/]	-	2.067 b	-	2.656 b	-	849 b	-	2.020
L. Convencional	2.681 b	7%	2.404 a	16%	2.861 b	8%	1.256 a	48%	2.301
L. Profunda	3.373 a	34%	2.592 a	25%	3.264 a	23%	1.406 a	66%	2.659
L. Reducida	2.608 b	4%	2.142 b	4%	2.791 b	5%	1.192 a	40%	2.183
Significancia estadística	*		*		*		**		
C.V.	9.9%		7.3%		6.3%		10.6%		

1/ Promedio de tres repeticiones.
2/ *Promedios con letras diferentes son estadísticamente diferentes* (Duncan, 0.05).
3/ Incremento relativo del rendimiento con respecto a la cero labranza.
* Significativo (5% de probabilidad).
** Altamente significativo (1% de probabilidad).

Tabla 2. Análisis económico del uso de diferentes sistemas de labranza en el Valle Medio del Sinú. C.I. Turipaná, Cereté. 1.998/99.

Sistema de labranza	Costo de labores de labranza* (a)	Rendimiento	Valor de la producción** (b)	Ingreso relativo (b-a)	Incremento relativo***	
	($/ha)	(Kg/ha)	($/ha)	($/ha)	($/ha)	(%)
Cero	0.0	2.509	2.157.740	2.157.740	--	--
Mínima	60.000	2.608	2.242.880	2.182.880	25.140	1.2
Convenc.	120.000	2.681	2.305.660	2.487.100	329.360	15.2
Profunda	85.000	3.373	2.900.780	2.815.780	658.040	30.5

Valor promedio de labores en la zona por hectárea para 1999:

Un pase de rastra	$	35.000
Un pase de arado de cinceles		60.000
Un pase de rastrillo pulidor		25.000

.. Precio neto algodón-semilla 2000-A 860.000 / ton
... *Incremento relativo de los diferentes sistemas con respecto a la cero labranza.*

Los datos muestran que los ingresos mejoran con la utilización de la labranza profunda en un 15.3% y un 30.9% con respecto a la cero labranza, en las localidades de Cereté y San Pedro, respectivamente; y en un 2.3% y un 10.7% con respecto a la convencional o tradicional en las mismas localidades, respectivamente. Lo anterior representa un incremento relativo de $658.000 por hectárea en el Valle Medio del Sinú y de $385.000 en las Sabanas de Sucre. Con estos resultados se puede recomendar el sistema de labranza profunda en suelos con problemas de capas compactadas, utilizando implementos que permitan un rompimiento de las mismas como el arado de cinceles rígidos. En un programa de reducción de costos y mejoramiento de la competitividad del sistema de producción de algodón se recomienda igualmente la labranza cero solamente después de que se haya recuperado el suelo.

Tabla 3. Análisis económico del uso de diferentes sistemas de labranza en las Sabanas de Sucre. San Pedro (Sucre). 1.998/99.

Sistema de labranza	Costo de Labores*		Rendimiento	Valor de la producción** (c)	Ingreso relativo (d = c–a–b)	Incremento relativo***	
	Labranza (a)	Control malezas (b)					
	($/ha)	($/ha)	(kg/ha)	($/ha)	($/ha)	($/ha)	(%)
Cero	0.0	44.750	849	730.140	685.390	--	--
Mínima	60.000	53.200	1.192	1.025.120	911.920	226.530	33.1
Convenc.	115.000	53.200	1.256	1.080.160	911.960	226.570	33.1
Profunda	85.000	53.200	1.406	1.209.160	1.070.960	385.570	56.2

* Valor promedio de labores en la zona por hectárea para 1999:

Un pase de arado de discos	$ 55.000
Un pase de arado de cinceles	60.000
Un pase de rastrillo californiano	35.000
Un pase de rastrillo pulidor	25.000

** Precio neto algodón-semilla 2000-A 860.000 / ton.

*** Incremento relativo de los diferentes sistemas con respecto a la cero labranza.

2. Efecto de la rotación con abonos ver des sobre la producción de algodón

La rotación e incorporación al suelo de las especies de leguminosas efectivamente incrementaron los rendimientos de algodón con semilla. Como se observa en la Tabla 4, el rendimiento del tratamiento testigo fue superado en un 15.5% por el uso del fríjol caupí , en un 34.1% por la especie canavalia, en un 22.2% por la especie vitabosa, en un 35.9% por la especie capizhuna y en un 30.0% por la especie crotalaria.Estos resultados resaltan la importancia que tiene la rotación del cultivo del algodonero con plantas de especies leguminosas, ya que se aprecian incrementos en los rendimientos, debido a los aportes en materia orgánica y nutrientes por efecto de la descomposición de los residuos del abono verde. Sobresalen la rotación con las especies capizhuna, canavalia y crotalaria por sus efectos significativos sobre los rendimientos del algodón. Estos incrementos en producción se deben al aporte de nitrógeno que realizan estas leguminosas al suelo, nitrógeno que es fijado de manera natural, desde el

aire atmosférico, por las plantas en simbiosis con una bacteria del suelo del genero rizhobium.

3. Mejoramiento de suelos mediante la utilización de adecuadas prácticas agronómicas

Al igual que en el primer experimento, con respecto a la densidad aparente del suelo, se observaron incrementos a medida que se profundiza en el perfil, pasando de 1.37 a 1.51 g/cm3 en promedio (Figura 2). Igualmente se observó una disminución en la misma, causada por el uso de la labranza profunda, con respecto a los valores de los otros sistemas. Como se observa, la densidad aparente presentó valores de 1.43 g/cm3 promedio para la labranza profunda, 1.47 g/cm3 para la convencional y 1.48 g/cm3 para la labranza cero. Esto se debe a la acción ejercida por el arado de cincel al romper capas compactas en la profundidad del perfil. Como consecuencia su efecto se acentúa a medida que se profundiza en el perfil del suelo. La labranza cero y la convencional poco efecto tienen sobre la densidad aparente en la profundidad del perfil.

Tabla 4. Efectos de la incorporación de cinco especies de leguminosas usadas como abono verde en la producción de algodón en el Valle Medio del Sinú. C.I. Turipaná, Cereté. 1999-2000. 1/

Abono verde	Rendimiento 1/	
	(kg/ha)	Incremento
Frijol caupi	2.858 ab	15.5 %
Canavalia	3.318 a	34.1 %
Vitabosa	3.025 a	22.2 %
Capizhuna	3.363 a	35.9 %
Crotalaria	3.216 a	30.0 %
Testigo	2.475 b	-
Significancia estadistica	*	
C.V	9.8%	

1/ Promedio de tres repeticiones.
2/ Valores con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).
* Significativo (5% de probabilidad).

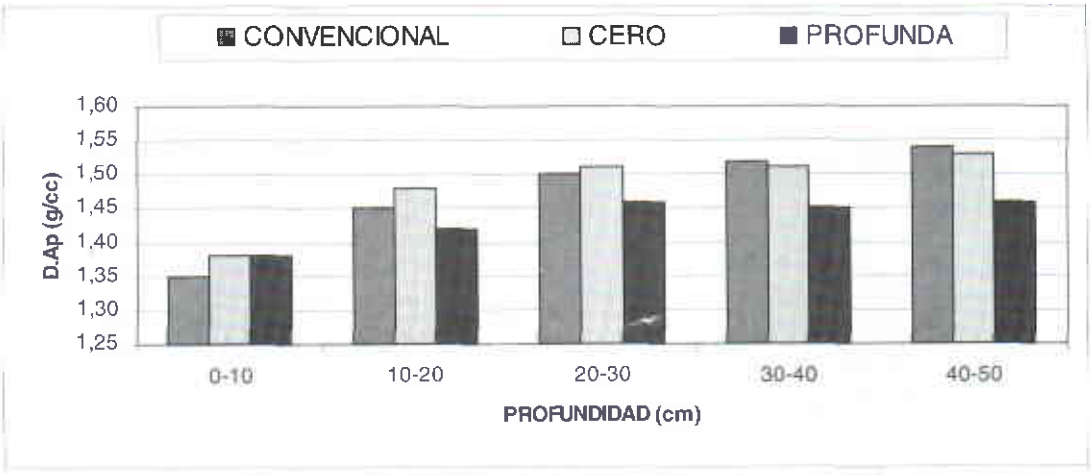

Figura 2. *Efectos del uso de tres sistemas de labranza sobre* la densidad aparente del suelo del Valle Medio del Sinú. C.I. Turipaná, Cereté. 1999-2000.

De otro lado, al evaluar el efecto de los diferentes tipos de rotación sobre la densidad aparente (Figura 3), se aprecia que el uso del abono verde (crotalaria) causa los efectos mas significativos sobre la densidad, en especial si se combina con la labranza profunda (1.41 g/cm3), 1.44 g/cm3 con la labranza convencional y 1.47 g/cm3 con la cero labranza). Por su parte en la rotación con maíz se presentan valores de 1.43 g/cm3 con labranza profunda, 1.48 g/cm3 para la convencional y 1.50 g/cm3 con la cero labranza. *El testigo sin rotación* presentó valores de 1.47 g/cm3 con labranza profunda, 1.49 g/cm3 para la convencional y 1.51 g/cm3 para la cero, siendo este último el que presenta los valores más altos de densidad, mostrando recuperación solo si se combina con la labranza profunda.

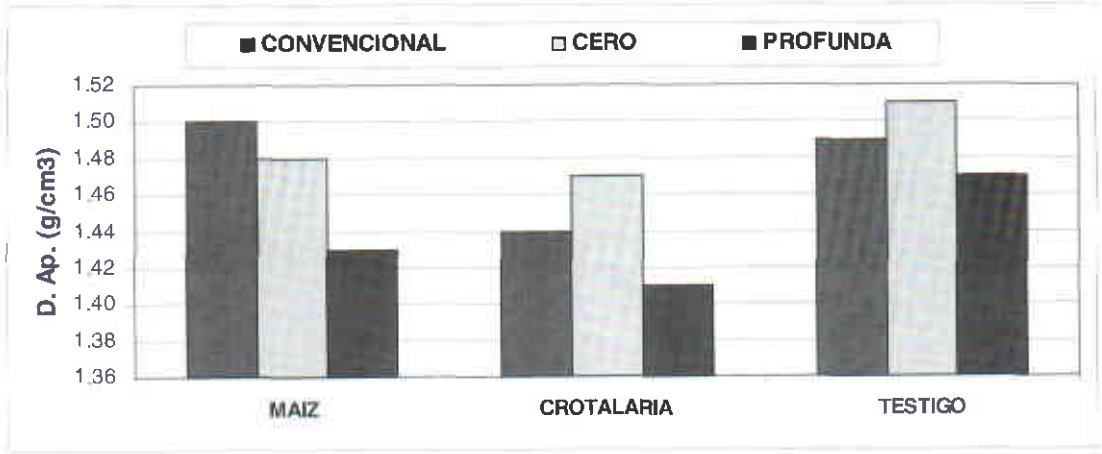

Figura 3. Efectos de tres sistemas de labranza y rotación con maíz y con un abono verde sobre la densidad aparente del suelo del Valle Medio del Sinú. Cereté. 1999-2000.

Con respecto al comportamiento de la materia orgánica del suelo (Figura 4) se encontró que los tratamientos donde se utiliza el abono verde y los residuos de cosecha de maíz presentan mayores contenidos promedios de materia orgánica (2.20% y 2.53% para maíz y abono verde, respectivamente), en comparación con el tratamiento testigo (2.02%). Al observar también el uso de los diferentes sistemas de labranza sobre el comportamiento de la materia orgánica se aprecia que los mayores valores promedios son encontrados con el uso de la labranza convencional (2.88%) y los menores en cero labranza (1.53%).

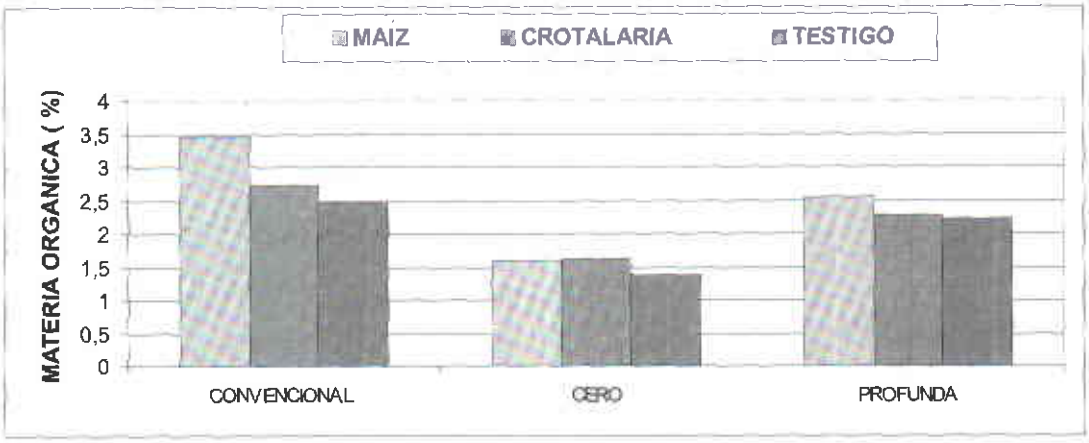

Figura 4. Efectos de tres sistemas de labranza y rotación con maíz y un abono verde sobre la densidad aparente del suelo del Valle Medio del Sinú. *Cereté. 1999-2000.*

Con respecto a los rendimientos de campo (Tabla 5) se encontró que el tratamiento donde se utilizó labranza profunda (con arado de cinceles rígidos) presenta los mayores valores en el rendimiento del cultivo del algodón (2.871 kg/ha) mientras que la labranza convencional y la cero labranza presentan menores rendimientos (2.565 kg/ha y 2.074 kg/ha, respectivamente). El uso de la labranza profunda incrementó los rendimientos en un 12% con respecto al tratamiento con labranza convencional y en un 39% con respecto a la cero labranza. De otro lado el tratamiento donde se utiliza el abono verde presenta los valores más altos en rendimiento (2.959 kg/ha), siendo el tratamiento libre (sin rotación y sin incorporación de residuos de cosechas), el que presenta los rendimientos más bajos (2.083 kg/ha). Esto representa un incremento del 28% (rotación con maíz) y del 42% (rotación con crotalaria), con respecto al tratamiento sin rotación de cultivos.

Tabla 5. Efecto de tres sistemas de labranza y rotación con maíz y con un abono verde en la producción de algodón en un suelo del Valle Medio del Sinú. C.I. Turipaná, Cereté. 1999-2000.

Tratamientos	Rendimiento 1/	
	(kg/ha)	Incremento
L. Profunda (Arado de Cinceles rigidos)	2.871 a	39 %
L. Convencional (Rastra Romme + rastrillo)	2.565 b	24 %
Cero Labranza (Siembra directa)	2.074 c	-
Diferencia estadistica	**	
Rotación con abono verde (crotalaria)	2.959 a	42 %
Rotacion con maiz	2.467 b	28 %
Sin rotación (testigo)	2.083 c	-
Diferencia estadística	**	
Coeficiente de variación	11,1 %	

1/ Promedio de tres repeticiones.
2/ Promedios con letras diferentes son estadísticamente diferentes (Duncan, 0.05).
** Altamente significativo (1% de probabilidad).

Estos resultados permiten concluir que además del uso de la labranza profunda, la incorporación al suelo de abonos verdes y residuos de cosecha es una alternativa necesaria para mejorar algunas de las propiedades de los suelos, ya que además de disminuir los valores de densidad aparente, mejoran los contenidos de materia orgánica. En el sistema convencional se presentan los mayores valores de materia orgánica debido a que las incorporaciones de los residuos en este tratamiento se realiza en su totalidad y de manera uniforme como consecuencia de los implementos utilizados. Con el uso de arado de cinceles esta incorporación es realizada parcialmente, mientras que en la cero labranza los residuos quedan sobre la superficie del suelo

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta los resultados anteriores se puede concluir lo siguiente:

1. El uso de la labranza profunda, con arado de cinceles, es una práctica viable para el mejoramiento de las condiciones físicas adversas para el crecimiento y producción de las plantas de algodón en suelos con problemas de producción.

2. El uso de abonos verdes en rotación con el cultivo es también una alternativa en el mejoramiento de la capacidad productiva de los suelos algodoneros de estas regiones y en la producción del cultivo.

3. El uso de la labranza profunda y la siembra e incorporación de abonos verdes son practicas que se podrían combinar con muy buenos resultados para el mejoramiento y conservación de la capacidad productiva de los suelos agrícolas del Valle del Sinú.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Amézquita, E. C. 1992. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. Actualidades ICA, Año 6, No. 70. 8 p.

Buckman, H. y Brady, N. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Barcelona, Montaner y Simon, S.A.. 590 p.

Castro, H. E. y Amézquita, E. 1991. Sistemas de labranza y producción de cultivos en suelos con limitantes físicos. Suelos Ecuatoriales. Vol. 21, No. 1. pp. 21 - 27

Donahve, R. L.; Miller, R. W. y Shickluna, J. C. 1.977. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Mexico, Prentice/Hall, pp 302-315

Enlers, W. 1980. Tillage effects on root development water uptake and growth of oats. Soil & Tillage Research. 1: 19-34.

Frey, C.A. 1987.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.

Garcia, J. 1991. Efectos del laboreo en algunas propiedades físicas de los suelos algodoneros del Valle Medio del Sinú. Suelos Ecuatoriales. Vol. 21, No. 1: 51- 54.

Kiehl, J.E. Manual de Edafología. Relacão solo-planta, Ed. Agronomica Ceres. Sao Paulo. 262 p

Lal, R. 1985. Surface soil degradation and management strategies for sustained productivity in the tropics. IBSRAM PROCEEDINGS. No. 3:167 - 177.

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

Sánchez, P. A. 1981. Suelos del Trópico. Características y manejo. IICA., Costa Rica.

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

Agradecimiento

Los autores expresan su sincero agradecimiento a los agricultores propietarios de las fincas donde se llevó a cabo la presente investigación: - Señor Julio Peña, Finca Las Mercedes, vereda Buenaventura, Municipio Montería. - Señora Gloria Pertuz Polo, Finca La Fortuna, vereda La Pozona, Municipio Montería. - Señor Rafael Bohórquez, Finca Las Palmas, vereda San José de las Palmas, Municipio San Pedro (Sucre). De igual manera dan un especial agradecimiento al Ing. Agr. Fanor Moreno y al señor Eithel Royero, por su colaboración en la conducción de los experimentos en San Pedro