Mejoramiento y Conservación de Suelos Algodoneros:

Técnicas de Labranza e Incorporación de Abonos Verdes

Miguel Gnecco[1]
Lubín Valera[1]
Germán Orozco[1]
Ruth Bonilla B.[2]
José Murillo S.[2]
Mercedes Aaron[2]

Figura 1. Estado inicial del suelo.

INTRODUCCIÓN

Se ha diagnosticado que los suelos de mayor potencial agrícola en el Valle del Cesar, han sufrido proceso de degradación de sus propiedades en especial físicas, lo cual ha conducido a la pérdida de la capacidad productiva de los mismos, hasta el punto de que se estima que aproximadamente el 90% de ellos se encuentra en distintos grados de compactación. Debido a que el sistema de producción de algodón constituía la principal actividad agrícola en estos suelos, esta situación ha ocasionado una acelerada disminución de las áreas de siembra con efectos colaterales y adversos sobre la economía de la microrregión.

En diferentes talleres con agricultores y asistentes técnicos se dio prioridad dentro del Plan Nacional de Algodón a la necesidad de generar tecnologías para la recuperación y el manejo de suelos degradados, la recuperación de áreas compactadas dedicadas al sistema de producción de algodón en el Valle del Cesar y así contribuir a mejorar la capacidad productiva y elevar el nivel de vida de los productores.

MATERIALES Y MÉTODOS

Debido a la prioridad dada a este tema en el Plan de Algodón, se procedió a iniciar un trabajo de recuperación de los suelos en tres fincas algodoneras localizadas en los municipios de Codazzi, Valledupar y Aguachica, en el Valle del Cesar. Partiendo de la base de que éstas presentaban la problemática a resolver (compactación, baja fertilidad y degradación en sus propiedades biológicas), el criterio para seleccionarlas fue su representatividad dadas las condiciones agroecológicas de la región.

La compactación inicial de los suelos bajo estudio y la profundidad de las capas compactas se diagnosticó

[1]Propietarios de las fincas en Codazzi, Valledupar y Aguachica, respectivamente.
[2]Investigadores de Corpoica, Regional 3. C.I. Motilonia. Apartado Postal 021, Codazzi, Cesar.

mediante la apertura de calicatas de un 1x1x1 m. La alta densidad aparente (>1.5g/cm^3), la baja porosidad y la baja velocidad de infiltración encontradas, fueron consideradas indicadores de alta compactación en los suelos de las tres fincas (Figura 1).

De igual forma, el bajo contenido de materia orgánica, en especial en el suelo de Valledupar, permitió catalogar los suelos como de baja fertilidad natural (Tabla 1). Como consecuencia de lo anterior, la actividad biológica de estos suelos estaba reducida drásticamente, situación que se reflejaba en una baja población y poca diversidad de especies vegetales.

Tabla 1. Propiedades físicas iniciales de los suelos en tres fincas del Valle del Cesar. 1998-99

Localidad	Textura	Densidad aparente g/cm^3	Porosidad %	Infiltración mm/h	PH	MO (%)	P ppm
Codazzi	Franco arcillo-arenoso	1.80	31	6.2	6.3	1.2	79
Valledupar	Franco arcillo-arenoso	1.70	30	7.9	7.0	0.5	71
Aguachica	Franco arcilloso	1.80	30	2.5	7.1	1.2	99

Para tratar de recuperar los anteriores suelos se propuso una tecnología que según resultados obtenidos a nivel experimental funciona muy bien en estos suelos y que combina la labranza profunda con la rotación del algodón con abonos verdes. Esto se comparó con el manejo tradicional que el agricultor efectúa en los suelos de la región, así:

1. Tecnología de recuperación propuesta: está estructurada con las siguientes actividades secuenciales: un pase de un arado de cincel a 15 cm de profundidad y un segundo pase cruzado en forma diagonal a 30 cm de profundidad. Pase de un rastrillo pulidor y siembra de abonos verdes. Después el abono verde se desbroza (destrucción de la parte verde) y luego se siembra el algodón. Esto se repite de forma secuencial cada año.

2. Tratamiento tradicional: sistema tradicional de manejo del agricultor que consiste en el desarrollo de las siguientes actividades secuenciales: pase de un arado de discos, pase de un rastrillo de discos, pulida y siembra de algodón.

La tecnología de recuperación propuesta contiene varias actividades secuenciales que tienen las siguientes fundamentaciones:

Rompimiento de Capas Compactas

El rompimiento de las capas compactadas se planeó con base en el diagnóstico de las características físicas iniciales de los suelos. Las cinceladas tienen como objetivo romper las capas compactas identificadas en el perfil del suelo, para lo cual se realizaron dos cinceladas: la primera a 15 cm y la segunda a 30 cm de profundidad en dirección diagonal a la anterior. Fue necesario realizar dos pases con el cincel debido a que el alto grado de compactación no permitió que éste penetrara a más de 15 cm. En consecuencia se hizo un segundo pase a mayor profundidad para garantizar el rompimiento de las capas compactas a esa profundidad.

Con las labores anteriores se busca mejorar las condiciones físicas del suelo para mejorar la porosidad y, por lo tanto, su aireación, lo mismo que permitir una mayor infiltración del agua y mejorar la retención de humedad. En esta forma se garantiza la actividad de los microorganismos, se mejora el contenido de materia orgánica y se asegura la disponibilidad de agua para la planta de algodón.

El mejoramiento de las características físicas del suelo posibilita un buen desarrollo de las plantas de algodón, debido a que ellas poseen raíces pivotantes profundas que requieren de amplio espacio radicular para absorber los nutrientes. Las raíces del algodonero en suelos deteriorados encuentran impedimentos para su desarrollo y sufren deformaciones afectando la absorción de agua y nutrientes.

Adición de Abonos Verdes

Con la utilización de leguminosas y asociaciones de éstas con gramíneas como abono verde, se pretende incrementar el contenido de materia orgánica, mejorar la estructura o cohesión del suelo, favorecer la actividad de los microorganismos y mejorar la fertilidad natural.

Mediante estudios previos efectuados en el C. I. Motilonia y en fincas de productores del Valle del Cesar, se ha identificado el fríjol capezuna (*Vignia ungüiculta*) como una buena alternativa de abono

Figura 2. Utilización de *Vignia ungüiculata* como abono verde.

verde en cultivos rotacionales con algodón. Este material presenta características importantes como abono verde debido a su precocidad, contenido de nutrientes en su follaje y su amplia cobertura (Figura 2).

La función del fríjol en este ensayo es la de proteger el suelo contra las altas temperaturas y vientos propios de la región, aportando a los 37 días después de la emergencia, tres toneladas de materia seca y 3.2% de nitrógeno. Además, por ser una planta nativa, esta leguminosa es bastante tolerante a la sequía.

Desbrozada

Cuando las leguminosas o gramíneas se encuentran en floración se realiza la desbrozada con el fin de dejar un colchón de residuos sobre la superficie del suelo, facilitar la incorporación de nutrientes y protegerlo mientras se establece el cultivo del algodonero.

Siembra del Algodón

En el inicio de las lluvias del segundo semestre del año se siembra el cultivo del algodón, que en este caso se llevó a cabo con una sembradora de precisión, utilizando 20 kg/ha de semilla de la variedad colombiana Gossica MC-23, a una densidad de población de 50.000 plantas por hectárea.

RESULTADOS RELEVANTES

Propiedades Físicas y Químicas de los Suelos

Después de dos años consecutivos de implementación de estos tratamientos se ha observado que los suelos sometidos al tratamiento de labranza profunda y rotación con abonos verdes, presentan un mejoramiento importante en sus propiedades químicas (Tabla 2) y físicas (Tabla 3). En las tres fincas bajo estudio, los resultados revelan la presencia de mayores cantidades de materia orgánica y fósforo en los suelos donde se implementó la tecnología, en relación con la labranza convencional.

Tabla 2. Propiedades químicas después de los tratamientos de recuperación de los suelos en tres fincas del Valle del Cesar. 2000.

Localidad	Labranza convencional			Labranza profunda		
	PH	M.O. %	P ppm	PH	M.O. %	P ppm
Codazzi	6.4	0.98	79.5	6.3	1.95	171.0
Valledupar	7.0	0.96	55.7	6.9	1.9	144.6
Aguachica	7.0	1.0	99.0	7.1	2.1	130.0

Así mismo, si se considera que la densidad aparente es la característica física más relacionada con la compactación, se observa que los dos sistemas de labranza expanden el suelo, pero este efecto es pasajero en la labranza con discos, por lo cual las altas densidades se mantienen. Por el contrario, en

los suelos en donde se implementó el sistema de labranza con arado de cinceles y la rotación con abonos verdes, se disminuyó en forma permanente la densidad aparente, mostrando así una reducción de la compactación (Tabla 3).

Tabla 3. Propiedades físicas de los suelos después de los tratamientos de recuperación de los suelos de tres fincas del Valle del Cesar. 2000.

Localidad	Sistema de labranza	Textura	Densidad aparente g/cm^3	Porosidad %	Infiltración mm/h
Codazzi	Convencional	Franco arcilloso arenoso	1.79	31	6.2
	Profunda	Franco arcilloso arenoso	1.60	39	11.7
Valledupar	Convencional	Franco arcilloso arenoso	1.75	30	9.4
	Directa	Franco arcilloso arenoso	1.70	33	8.8
	Profunda	Franco arcilloso arenoso	1.68	36	18.7
Aguachica	Convencional	Franco arcilloso	1.79	31	2.6
	Profunda	Franco arcilloso	1.61	38	4.8

Debido al mejoramiento en las propiedades físicas y químicas de los suelos en la localidad de Valledupar, se decidió la implementación de la siembra directa, lo cual sólo es posible en suelos recuperados por completo.

Los valores de porosidad se incrementaron debido a que esta propiedad está íntimamente relacionada con la densidad aparente, porque su reducción implica una dilatación de la masa del suelo. Los aumentos en la porosidad son indicadores de descompactación del suelo como consecuencia de la implementación del tratamiento de labranza profunda y abonos verdes.

En cuanto a la infiltración del agua en el suelo, se presentaron diferencias entre los tratamientos en las fincas localizadas en Codazzi y Valledupar, en donde se encontraron incrementos por efecto del tratamiento de labranza profunda y abonos verdes. Esto es un indicativo de un mejoramiento en las características de los suelos.

De igual forma, la población de micro-organismos en el suelo se incrementó en donde se implementó el tratamiento de labranza profunda con abonos verdes, mientras que en el tratamiento tradicional (labranza convencional), la población se mantuvo constante.

Altura de las Plantas y Desarrollo Radical

El mejoramiento físico inducido en el suelo por la labranza profunda y los abonos verdes explica los efectos agronómicos observados en el cultivo del algodón, donde como resultado de este tratamiento se obtiene una mayor altura de la planta (Figuras 4 y 5) y una mayor profundidad de raíz (Figuras 6 y 7), que las observadas en el tratamiento tradicional.

Cabe señalar la importancia que reviste el hecho de que la planta no tenga impedimentos para el buen crecimiento radicular y para la exploración de un mayor volumen de suelo para su mejor aprovechamiento del agua y los nutrientes, en contraste con impedimentos físicos que limitan el desarrollo radical y causan deformaciones en las raíces.

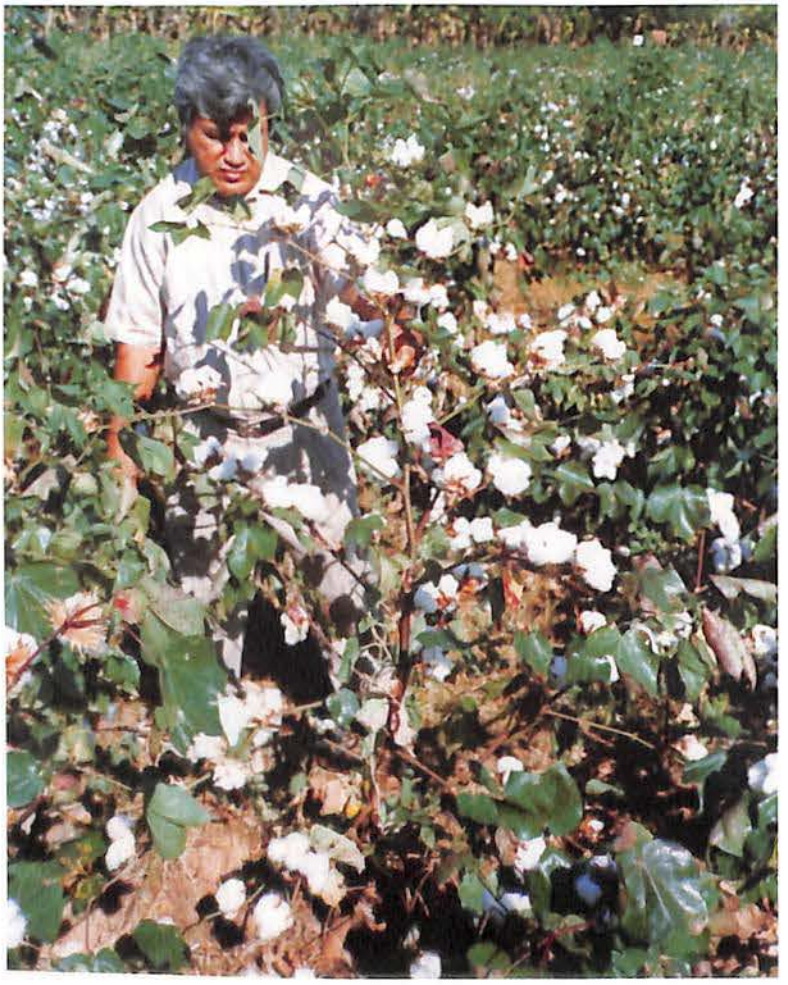

Figura 3. Cultivo de algodón en suelos recuperados.

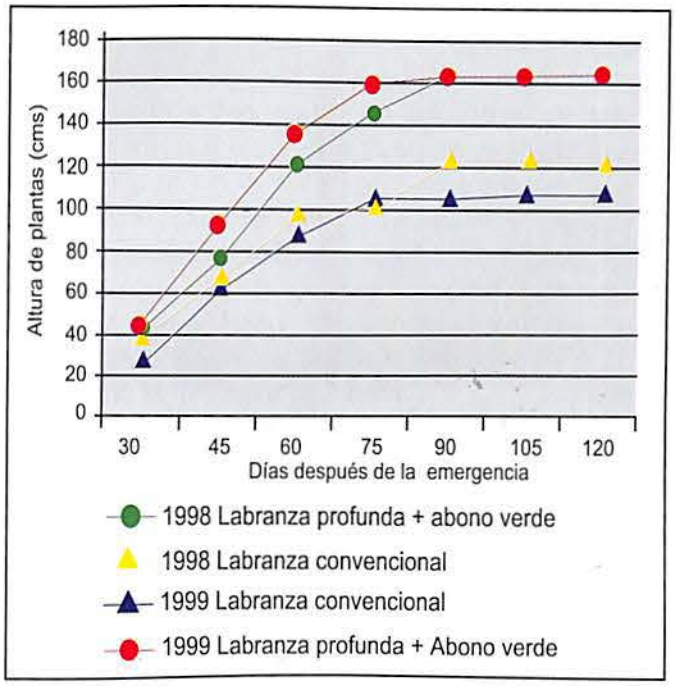

Figura 4. Altura de la planta de algodón por efecto de dos sistemas de preparación de suelos. Codazzi, El Cesar.1998 - 99.

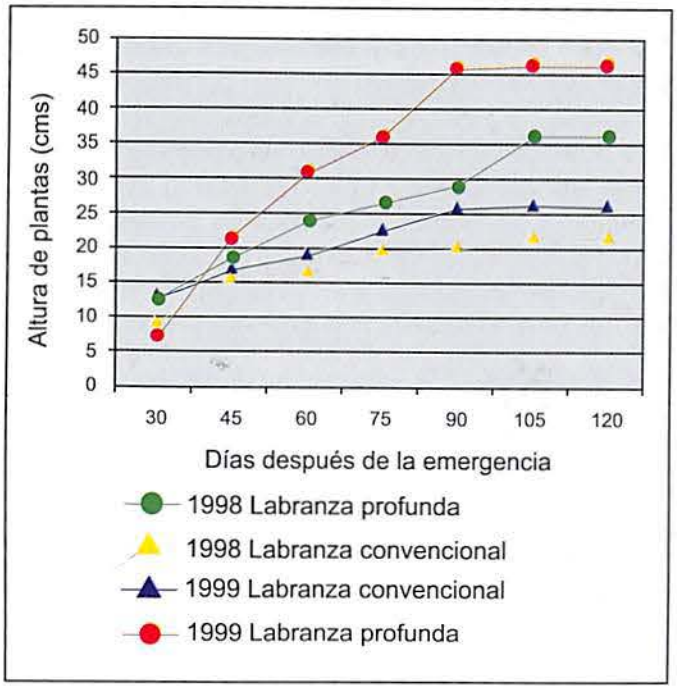

Figura 6. Longitud de las raíces del algodón por efecto de dos sistemas de preparación de suelos. Codazzi, El Cesar. 1998-99.

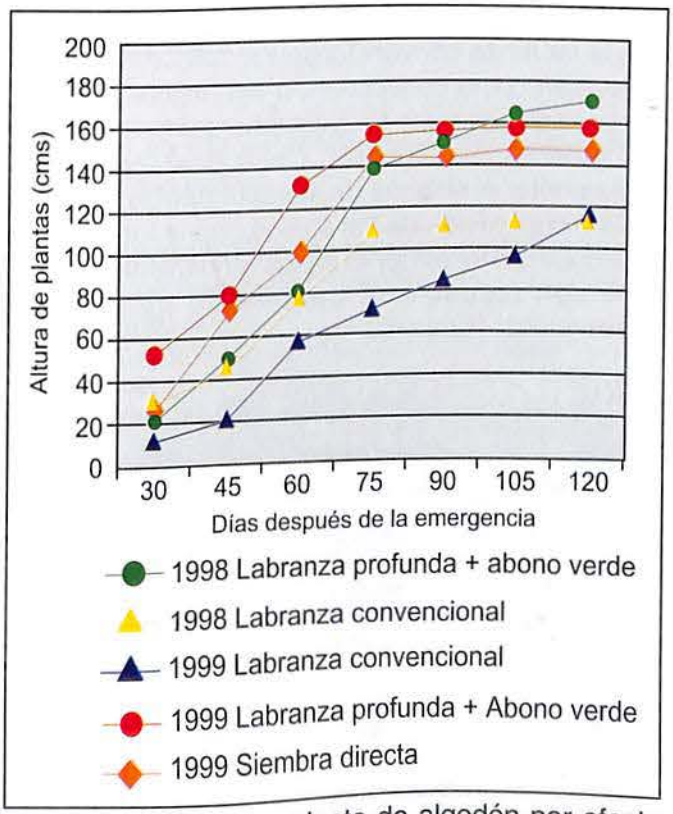

Figura 5. Altura de la planta de algodón por efecto de dos sistemas de preparación de suelos. Valledupar, El Cesar.1998 - 99.

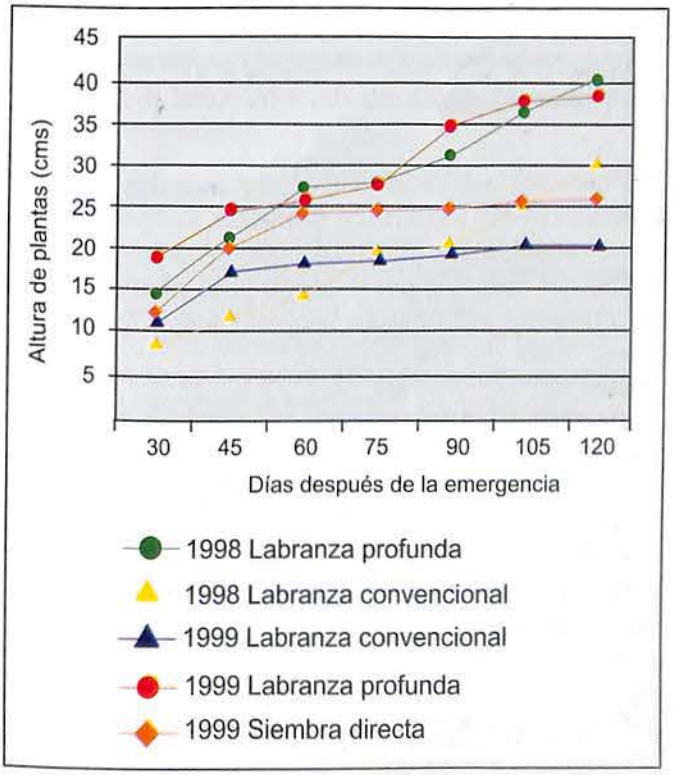

Figura 7. Longitud de las raíces del algodón por efecto de tres sistemas de preparación de suelos. Valledupar, El Cesar. 1998-99.

Comportamiento de las Plagas en los Tres Sistemas de Labranza

Las poblaciones de *Anthonomus grandis* principal plaga del algodonero fueron similares en los tres sistemas de labranza y provocaron porcentajes de daño en botones que en promedio oscilaron entre 7.2 y 5.4 correspondiendo el mayor valor a la siembra directa y el menor a la labranza convencional (Figura 8).

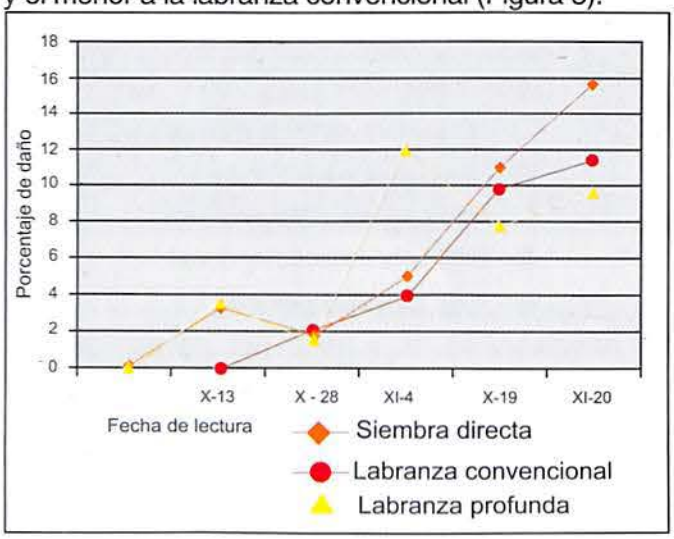

Figura 8. Porcentajes de infección de picudo en botones en tres sistemas de labranza en el algodonero. Valledupar. 1998-99.

Las infestaciones iniciales aparecieron en los sistemas siembra directa y labranza profunda, lo cual se debió a que en estos dos sistemas hubo un desarrollo más rápido del cultivo y, por lo tanto, esas plantas dieron las primeras estructuras reproductivas que son el factor que define la presencia de *Anthonomus grandis* en los lotes de algodón.

En relación con rosado colombiano, el comportamiento fue más o menos similar al picudo, siendo las plantas de los sistemas de siembra directa y de labranza profunda las más afectadas (Figura 9). En la labranza convencional, sólo el 9 de noviembre se presentó rosado con un nivel de infestación del 1.3%. En cuanto a *Alabama argillaceae*, las plantas más afectadas fueron las que crecían donde

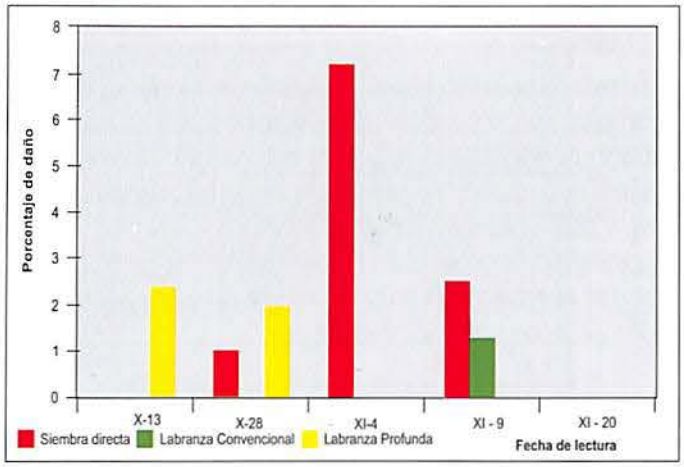

Figura 9. Porcentaje de infestación de rosado colombiano en botones y cápsulas en tres sistemas de labranza en el algodonero. Valledupar. 1998-99

se implementó el tratamiento de labranza profunda, seguida del de siembra directa.

Rendimiento de Algodón Semilla

El rendimiento de algodón con semilla se incrementó en 26% en Codazzi, 35% en Valledupar y 52% en Aguachica, por efecto del sistema de labranza profunda y rotación con abonos verdes, en relación con la labranza convencional. Estos incrementos se presentan como consecuencia del mejoramiento de las condiciones tanto físicas como químicas, para el crecimiento del algodón. Cabe destacar que al implementar el sistema de siembra directa, después de la recuperación de los suelos, en la localidad de Valledupar, el incremento en los rendimientos fue del 13% con respecto al tratamiento de labranza convencional (Tabla 4).

Tabla 4. Producción de algodón semilla en las tres fincas experimentales. Valle del Cesar. 1998-99

Localidad	Labranza convencional kg/ha	Labranza profunda kg/ha	Siembra directa kg/ha
Codazzi	2150	2710	____
Valledupar	2099	2835	2386
Aguachica (1998)	____	1463	975

Como consecuencia del manejo dado a estos suelos, después de un año de implementación de esta tecnología, se observa un aumento de la vegetación (cobertura), lo cual se refleja en la producción del algodón.

Análisis Económico

Los costos fijos de producción por hectárea bajo los diferentes sistemas de labranza aparecen en la Tabla 5. Como se observa en ella, el sistema de labranza profunda a pesar de incluir el uso del arado de cincel y los abonos verdes, muestra unos costos fijos similares al de la labranza convencional. Esto se debe a que esta última incluye varias labores de rastrillada y pulida que equiparán el costo de la labranza profunda.

La rentabilidad de los sistemas se presente en la Tabla 6. Como se observa en ella, el sistema de labranza profunda y la rotación con abonos verdes muestra una rentabilidad del 66%, comparada con la labranza convencional cuya rentabilidad fue del 32%, es decir, un poco menos de la rentabilidad de aquel. Bajo el sistema de siembra directa, en suelos que han tenido algún proceso de recuperación, los costos de producción se reducen significativamente y en consecuencia se mantiene la rentabilidad.

Tabla 5. Costos de producción por hectárea de algodón en tres sistemas de labranza. Valle del Cesar. 1998-99.

Factor de costo	Labranza convencional	Labranza profunda	Siembre directa
Labores del cultivo	950.000	950.000	950.000
Semilla fríjol		30.000	
Arado de cincel		128.000	
Factor de costo	**Labranza convencional**	**Labranza profunda**	**Siembre directa**
Pulidor	64.000	32.000	
Rastrillada	102.000		
Desbrozada		25.000	
Arada de disco	50.000		
Herbicidas			50.000
Insumos	350.000	350.000	350.000
Total	1.516.000	1.515.000	1.350.000

Tabla 6. Producción, ingreso bruto y rentabilidad de tres sistemas de labranza en el cultivo del algodonero. Valle del Cesar. 1998-99

Concepto	Labranza convencional	Labranza profunda	Siembra directa
Rendimiento de algodón con semilla (kg/ha)	2.150	2.710	2.386
Rendimiento de fibra (kg/ha)	774	975	859
Rendimiento de semilla (kg/ha)	1.161	1.463	1.288
Valor total de la producción ($/ha)	1.996.166	2.516.310	2.215.276
Costo de producción ($/ha)	1.515.000	1.516.000	1.350.000
Rentabilidad %	31.7	66.0	64.1

CONCLUSIONES

Con base en los anteriores resultados se puede concluir lo siguiente:

1. La utilización de la labranza profunda en suelos compactados, mejora las condiciones físicas del suelo.
2. La utilización de la rotación de abonos verdes (leguminosas, gramíneas) u orgánicos, mejora la fertilidad del suelo, la retención de la humedad y permite el cubrimiento del mismo.
3. El mejoramiento de las características físicas, químicas y biológicas del suelo permite la recuperación de su capacidad productiva, lo cual se refleja en sistemas de producción sostenibles y de alta rentabilidad.
4. La presencia de la plaga en el cultivo fue determinada por el desarrollo de planta independientemente del sistema de labranza donde ella crecía, al menos para plagas que no son del suelo.

RECOMENDACIONES

1. En suelos arcillosos compactados se recomienda la labranza profunda en combinación con rotación con abonos verdes como tecnología para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, para recuperar la rentabilidad y sostenibilidad del sistema de producción de algodón.

2. Se recomienda la siembra directa del algodón solamente en suelos en los que se ha logrado algún proceso de recuperación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMÉZQUITA, E. 1.992. Procesos físicos de degradación de suelos en Colombia. Bogotá, ICA. 32 p. (Boletín informativo No.70).

AMÉZQUITA, C. E.; NAVAS, J. 1.989. Métodos para determinar algunas propiedades físicas de los suelos. En: Instituto Colombiano Agropecuario. Bogotá, ICA. p. 124-174 (Manual de Asistencia Técnica No.47).

BONILLA, R.; MURILLO, J. 1997. Desarrollo de sistemas de manejo para la recuperación y conservación de suelos en el Caribe Seco Colombiano. Codazzi, Corpoica. (Informe Técnico).

BONILLA, R.; VENEGAS, N. 1998. Efectos de sistemas de labranza sobre las propiedades físicas y la producción del algodonero en suelos compactados del Valle del Cesar. Codazzi, Corpocaribe. 1:4-14.

CASTRO, H. E.; DELGADO, C. A.; AMÉZQUITA, E. 1991. Sistemas de labranza y producción de cultivos en suelos con limitantes físicos. Suelos Ecuatoriales. 21 (1): 21-28.