1954
3 ejs

Corpoica
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Plan Nacional de Algodón

CONALGODON - FONDO DE FOMENTO ALGODONERO
Investigación y Transferencia de Tecnología

TECNOLOGIA DE LABRANZA DE CONSERVACION. ALTERNATIVA VIABLE Y RENTABLE PARA EL CULTIVO DEL ALGODÓN EN LOS LLANOS

Samuel Caicedo Guerrero
Jaime H. Bernal Riobo
Gloria Elena Navas Ríos
Judith Guevara Agudelo
Ruby S. Hernández Salazar
Pedro José García Sánchez
Gonzalo Betancourt García

Artículo presentado en el Seminario
Estratégico del Plan de Algodón.
Villavicencio, Agosto de 2000

TECNOLOGIA DE LABRANZA DE CONSERVACION. ALTERNATIVA VIABLE Y RENTABLE PARA EL CULTIVO DEL ALGODÓN EN LOS LLANOS

Samuel Caicedo Guerrero[1]
Jaime H. Bernal Riobo[1]
Gloria Elena Navas Ríos[1]
Judith Guevara Agudelo[2]
Ruby S. Hernández Salazar[2]
Pedro José García Sánchez[3]
Gonzalo Betancourt García[3]

RESUMEN

La labranza de conservación ofrece grandes posibilidades de contribución al desarrollo sustentable y competitivo de la producción de algodón. Con base en esta convicción, se evaluaron la labranza reducida (vertical o profunda) y la siembra directa (o labranza cero) en el cultivo del algodón en las zonas de Villavicencio y Villanueva, en vegas de los ríos Negro-Guayuriba y Upía, respectivamente. Los tratamientos de labranza evaluados fueron: 1) Siembra Directa, que consiste en desbrozar o guadañar la cobertura del arroz, aplicar un herbicida desecante, sembrar y fertilizar, simultáneamente. 2) Labranza Reducida, que consiste en realizar dos pases de cincel vibratorio sesgado de 0-15 cm y de 15-30 cm de profundidad. 3) Labranza Convencional (Discos), consta de dos a tres pases de rastra más dos a tres pases de rastrillo. Cada tratamiento tuvo un área de 10.000 m^2 para un área total de tres hectáreas, con un diseño de franjas por sistema con tres repeticiones por cada franja. Se utilizó la variedad Gossica MC-23 a una distancia de 0.9 m, dejando entre 5-6 semillas/m para una cantidad de 18-20 Kg de semilla/ha. Los suelos trabajados se caracterizan por tener niveles medios a altos de P, Ca, Mg; altas saturaciones de bases; pH de 5.0 a 5.5; niveles freáticos altos a medios; drenajes deficientes a regulares, los cuales han sido sometidos por más de 20 años a labranza convencional con uso excesivo de rastras y rastrillos. Las características físicas como resistencia a la penetración para el desarrollo de raíces y la densidad aparente, presentaron niveles menores en los primeros 12 cm para la

[1] IA. M Sc. Programa Regional Agrícola, Corpoica. C.I. La Libertad
[2] IA. Programa Regional Agrícola, Corpoica. C.I. La Libertad
[3] Auxiliares de Técnico. Programa Regional Agrícola, Corpoica. C.I. La Libertad.
Dirección Postal de todos: Corpoica C.I. La Libertad. A.A 3129. Villavicencio, Meta, Colombia.

labranza convencional y labranza reducida; posteriormente estos valores se incrementan en el perfil del suelo. La siembra directa mantuvo los niveles medio a alto de resistencia y densidad aparente durante el ciclo del cultivo.

Para la zona de Villavicencio en siembra directa (Labranza Cero) se obtuvieron los mejores rendimientos de algodón-semilla con 1.856 Kg/ha, pero sin diferencia estadística con la labranza convencional y reducida con 1.500 Kg/ha. Los ingresos brutos fueron mayores en siembra directa, del orden de $ 1.727.180, con una rentabilidad del 10%; mientras que para labranza reducida la rentabilidad fue del 1% y en la labranza convencional fue negativa (-2.5%). Para Villanueva los mayores rendimientos en algodón-semilla se obtuvieron en labranza reducida con 2.330 Kg/ha; la siembra directa solo obtuvo 1.701 Kg/ha; la labranza convencional tuvo rendimiento de 2.262 Kg/ha; el análisis económico presentó unos ingresos brutos de $2.168.285 en labranza reducida y de $2.105.002 en convencional y de solo $1.582.939 en siembra directa. Con relación a la rentabilidad, ésta fue buena para labranza reducida y convencional con 25.2% y 19.6%, respectivamente; mientras que para siembra directa fue de -8.8%. En general se puede concluir que para el algodón se requieren suelos de buena condición química, física y biológica. Los suelos con limitaciones, por ejemplo de compactación, primero se deben preparar con labranza reducida y posteriormente usar siembra directa cuando el suelo lo permita.

INTRODUCCION

Los suelos dedicados a la agricultura en los Llanos Orientales han estado sometidos a un laboreo excesivo tanto en condiciones secas como en condiciones de alta humedad, lo que ha llevado al deterioro de la estructura del suelo y a la formación de capas endurecidas que afectan la emergencia y el establecimiento normal de los cultivos semestrales. Bajo estas condiciones, las malezas que se han adaptado compiten fuertemente por los recursos lumínicos, minerales e hídricos y ocasionan grandes pérdidas en la producción (hasta un 50%), e incrementan los costos de producción por cuanto los costos de control de ellas, representan normalmente del 20 al 30% de los costos totales.

La preparación convencional del suelo consiste normalmente en siete a 10 pases de rastra y rastrillo para la producción del algodón; lo cual causa retrasos en la época de siembra recomendada y debido a ello, disminución de la producción del cultivo.

Por otro lado, el uso irracional de las prácticas de labranza ha conllevado al incremento de la población de malezas nocivas que se propagan por semilla, lo que ha incrementado el costo en el manejo de éstas en los sistemas de producción o el abandono de estos lotes para actividades agrícolas por el difícil manejo de esas malezas.

Una gran parte de los suelos afectados requiere de la implementación de prácticas de labranza de conservación tendientes a recuperar la estructura deteriorada por el sobrelaboreo. Igualmente, existe una gran área de suelos aptos para la explotación apropiada de cultivos como el algodón, pero ellos requieren prácticas de labranza para mejorarlos y conservarlos para una producción permanente y sostenible.

El presente estudio pretende fomentar el desarrollo de la labranza de conservación (labranza reducida y siembra directa), integrada a los sistemas de rotación de cultivos y al uso de coberturas y rastrojos que permitan un sistema de producción sostenible y competitivo de la región. Las prácticas de manejo agronómico apropiadas conllevarán a la disminución de un 10-20% de los costos de producción y el aumento de un 20% de la rentabilidad de los cultivos semestrales como el algodón, frente a las siembras convencionales.

METODOLOGIA

Localización

El proyecto se desarrolló en dos localidades importantes para la producción de algodón: 1). Villavicencio, vereda Pompeya, vega del río Negro-Guayuriba, finca Bonaire, de propiedad del señor Gonzalo Becerra. 2) Villanueva, vereda Caracolí, vegas del río Upía, finca la Ponderosa, de propiedad del Ingeniero Agrónomo Jesús García.

Suelos

Los suelos donde se ejecutaron las actividades son de origen aluvial con depósitos de materiales y sedimentos transportados por los ríos, comúnmente denominados vegas y vegones, los cuales se clasifican como inceptisoles; se caracterizan por tener niveles medios a altos de Fósforo, altas saturaciones de bases, baja saturación de Aluminio, pH de 5.0 a 5.5, nivel freático medio a alto, con períodos de exceso de humedad y drenajes deficientes a regulares.

Tratamientos de Labranza

Siembra directa (labranza cero): desbrozar, aplicar herbicidas de secante y siembra directa.

Labranza convencional (discos): Dos pases de rastra y dos a tres pases de rastrillo pulidor.

Labranza reducida (vertical): Dos pases de cincel vibratorio sesgado, el primero de 0 a 15 cm y el segundo de 15 a 30 cm de profundidad. Velocidad de operación entre 7 y 13 km/hora.

Siembra y Mejo Agronómico

Los lotes donde se realizó el proyecto provenían de siembra de arroz en el primer semestre y fueron destinados al cultivo del algodón en el segundo semestre utilizando sistemas de labranza de conservación.

La siembra se realizó con una sembradora SEMEATO de hileras para siembra directa; el algodón fue sembrado a una distancia de 0.90 m. entre surcos, colocando entre cinco y seis semillas por metro, lo que equivalió a usar 18 a 20 kg/ha de semilla. La variedad utilizada en las dos zonas fue la Gossica MC-23; la fertilización aplicada fue la recomendada para el cultivo.

Diseño Experimental

Franjas por sistema y/o tratamiento con tres repeticiones en cada una, con restricción de un grado de libertad en la aleatorización; el área fue de 10.000 m^2 por tratamiento, para una área total experimental de tres hectáreas.

PARÁMETROS A EVALUAR

Edáficos

Densidad aparente y real, tomada de 0-10, 10-20 y 20-30 cm; resistencia a la penetración, tomada con un penetrómetro digital cada 6 cm hasta una profundidad del suelo de 42 cm; porosidad total y estabilidad estructural, tomadas al inicio y final del año.

Análisis químico mediante muestras tomadas al inicio y al final del año en cada tratamiento. Se determinaron elementos mayores y menores a cuatro profundidades 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm.

Agronómicos

Crecimiento y desarrollo (altura de plantas, materia seca, número de ramas, área foliar), a los 30 días después de emergencia a floración, a la madurez fisiológica y a la cosecha.

Dinámica de malezas. Se realizaron muestreos a los 30 y 60 días después de siembra del cultivo para determinar la densidad y biomasa de las malezas por especie, mediante muestreos y conteos.

Rendimiento (Kg de algodón-semilla/ha).

Económicos

Costo de producción total y rentabilidad de cada sistema de labranza o tratamiento.

RESULTADOS

LABRANZA DE CONSERVACIÓN PARA LA ZONA ALGODONERA DE VILLAVICENCIO

Caracterización Físico-química del Suelo.

Los resultados de los análisis físico-químicos del suelo para las vegas del río Negro-Guayuriba, presentan las siguientes características en promedio: suelo ácido (pH = 5.1); contenido medio de materia orgánica (1.5%), bajo de P y K

(15 ppm y 0.15 meq/100 g), 0.9 meq/100 de acidez cambiable (Ac); 1.89 meq/100 g de Ca y 0.34 meq/100 g de Mg (Tabla 1); alto contenido de Fe, Mn y Zn (169, 31 y 4.6 ppm, respectivamente); contenido medio de Cu (3.1 ppm) y bajo de B (0.19 ppm) (Tabla 2).

Al analizar los contenidos nutricionales a diferentes profundidades del suelo se aprecia una mayor concentración en los niveles de 0-5 y de 5-10 cm de la gran mayoría de elementos mayores como M.O, P, Ca, Mg y de menores como Cu, Mn y Zn; mientras que en las profundidades de 10-20 y 20-30, los diferentes contenidos nutricionales del suelo se reducen sustancialmente.

Tabla 1. Contenido promedio de M.O, P y bases cambiables a diferentes profundidades del suelo. Finca Bonaire, Villavicencio. 1998 B.

Profundidad (cm)	pH	M.O (%)	P (ppm)	Acidez	Ca	Mg (meq/100 g)	K	Na
0- 5	5.0	2.2	30	0.8	2.14	0.39	0.24	0.24
5-10	5.0	1.8	22	0.9	2.02	0.37	0.19	0.23
10-20	5.1	1.3	5	0.9	1.82	0.33	0.12	0.23
20-30	5.2	0.7	4	1.1	1.57	0.28	0.07	0.21
Promedio	**5.1**	**1.5**	**15**	**0.9**	**1.89**	**0.34**	**0.15**	**0.23**

Tabla 2. Contenido de elementos menores en promedio y a diferentes profundidades del suelo. Finca Bonaire, Villavicencio. 1998B.

Profundidad (cm)	Fe (ppm)	B	Cu	Mn	Zn
0- 5	260	0.15	3.7	47.7	7.4
5-10	190	0.23	3.2	34.0	6.6
10-20	127	0.20	2.7	18.7	3.0
20-30	99	0.18	2.7	23.7	1.5
Promedio	**169**	**0.19**	**3.1**	**31.0**	**4.6**

• Textura

El suelo es de textura franco-limosa con 28.5% de arena, 50.5% de limo y 21% de arcilla. El 71.5% entre arcilla y limo hace que el drenaje sea lento dentro del perfil del suelo, lo cual se refleja en la conductividad hidráulica que es moderada (2.72 a 10.7 cm/hr); sus agregados son muy estables al agua, con un diámetro medio de 5.56, lo cual indica que con abundantes lluvias los agregados del suelo conservan su forma, características que no se consideran las más apropiadas para lograr la máxima producción de algodón, dada la alta susceptibilidad de este cultivo a los excesos de humedad del suelo.

• Resistencia a la penetración

Se entiende por tal la resistencia que opone el suelo al desarrollo de las raíces del algodonero. Antes de realizar los diferentes sistemas de labranza, este valor estuvo entre 1.08 y 2.36 MPa, presentando el mayor valor a partir de los 12 cm de profundidad. Con la labranza convencional sólo en los primeros 6 cm de profundidad, este valor bajó a 1.05 MPa; los demás valores aumentaron en comparación con el valor inicial. Igual comportamiento presentó el suelo donde se preparó con cincel vibratorio, situación explicable porque hubo remoción o aflojamiento del suelo, pero con las lluvias nuevamente se reacomodaron las partículas del suelo. En cambio, en la labranza cero, los valores fueron muy similares a los iniciales (Tabla 3).

Tabla 3. Medidas de resistencia del suelo (MPa) de 0-42 cm de profundidad para el desarrollo de las raíces del algodón antes de la siembra (98B)* y después de la cosecha (99A)*. Villavicencio.

Profundidad (cm)	Inicial 98B	Resistencia (MPa) Labranza Cero	Labranza Reducida	Labranza Convencional
		99A	99A	99A
0- 6	1.08	1.17	1.03	1.05
6-12	1.56	1.71	2.08	2.17
12-18	2.36	2.28	2.28	2.49
18-24	2.25	2.27	2.22	2.24
24-30	2.11	1.97	2.22	2.11
30-36	1.97	2.01	2.56	1.97
36-42	2.03	1.97	2.09	1.95

*Suelo con 27.7% y 28.0% de humedad, respectivamente

• Densidad aparente

La densidad aparente del suelo está muy relacionada con la presencia de M.O y de capas compactas en el suelo. La medida inicial presentó valores altos: entre 1.36 y 1.51 g/cc. Una vez se realizaron las labranzas y después de cosechado el algodón, se observó un menor valor (1.34 y 1.27 g/cc) en los primeros 10 cm de profundidad en las labranzas cero y reducida, pero lo más importante de señalar es que la mayor disminución de la densidad se logró con estos dos tipos de labranza a profundidades de 10 a 20 cm y de 20 a 30 cm, aunque los valores finales continuaron siendo altos. Los mayores valores de densidad (1.41 a 1.51 g/cc) a todas las profundidades, se presentaron en la labranza convencional (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad aparente del suelo (g/cc) de 0-30 cm de profundidad, antes de la siembra (98B)* y después de la cosecha (99A)* del algodón. Villavicencio.

Profundidad (cm)	Inicial	Resistencia (g/cc)		
	98B	Labranza Cero	Labranza Reducida	Labranza Convencional
		99A	99A	99A
0-10	1.36	1.34	1.27	1.41
10-20	1.51	1.40	1.42	1.51
20-30	1.50	1.39	1.40	1.43

* Suelo con 27.7% y 28.0% de humedad, respectivamente

• Porosidad

La porosidad total del suelo mostró los mayores aumentos en los tratamientos con labranza cero y profunda (entre 46.8 y 52.4%), y los menores valores, en la labranza convencional (entre 43.4 y 47.2%) (Tabla 5).

Tabla 5. Porosidad total del suelo (%) de 0-30 cm de profundidad, antes de la siembra (98B)* y después de la cosecha (99A)* del algodón. Villavicencio.

Profundidad (cm)	Inicial	Porosidad Total (%)		
	98B	Labranza Cero	Labranza Reducida	Labranza Convencional
		99A	99 A	99A
0-10	49.1	49.8	52.4	47.2
10-20	43.4	47.6	46.8	43.4
20-30	43.8	47.9	47.6	46.4

* Suelo con 27.7% y 28.0% de humedad, respectivamente

Comportamiento del Algodonero en los Sistemas de Labranza. Zona Villavicencio

Los sistemas de labranza de conservación están siendo evaluados para las condiciones de los Llanos Orientales en el cultivo del algodón y los resultados correspondientes al semestre 98B no presentaron diferencias significativas con respecto a la labranza convencional para el rendimiento y la altura de planta del algodonero. La Tabla 6 presenta el rendimiento y la altura de planta para los sistemas de labranza en evaluación.

Tabla 6. Rendimiento y altura de plantas en el cultivo del algodonero bajo sistemas de labranza de conservación (profunda y cero) Villavicencio. 1998B

Sistema	Rendimiento (kg/ha)*	Altura de planta(cm)
Labranza Convencional	1.544 a	82 a
Labranza Profunda	1.527 a	88 a
Labranza Cero (S.D)	1.856 a	86 a
C.V (%)	17.8	8.7

*Rendimiento en algodón - semilla

La mejor producción del algodón en esta zona fue para la labranza cero o siembra directa con 1.856 Kg/ha, tratamiento que también alcanzó la mayor altura de planta. No obstante, este tratamiento no presentó diferencia significativa con respecto a las labranzas profunda y convencional, las cuales obtuvieron menores rendimientos, 1.527 y 1.544 Kg/ha de algodón - semilla, respectivamente.

La mayor altura de planta (88 cm) se observó en el tratamiento de labranza profunda. En labranza cero o siembra directa se obtuvo una altura de 86 cm y la menor altura de planta le correspondió a la labranza convencional con 82 cm.

Análisis de Costos y Rentabilidad de los Sistemas de Labranza de Conservación

La participación de los componentes agronómicos en los costos de producción del algodonero en cada uno de los tratamientos de labranza, para la zona de Villavicencio se dio en la siguiente forma:

En la labranza cero o siembra directa, la mayor participación en los costos de producción la obtuvo la cosecha con 42.4%; ocuparon los siguientes lugares, el control de malezas con 21.7% y la fertilización con 13.1%. En la labranza profunda también la cosecha tuvo la mayor participación en los costos con el 39%; en cambio, se redujo a un 17% de los costos, el control de malezas. En la labranza convencional sobresalieron en la participación de los costos, la cosecha, el control de malezas y la fertilización, respectivamente.

La Tabla 7 presenta el análisis económico para los sistemas de labranza de conservación en la zona de Villavicencio, en la cual se muestran los costos variables, costos fijos, desmote y costos totales de producción para cada una de las labranzas y finalmente se expresa el ingreso bruto y la rentabilidad. Los costos totales para las labranzas son superiores a $1.400.000 y los ingresos brutos mayores se lograron con la labranza cero con $1.727.181. La rentabilidad fue del 10% para labranza cero o siembra directa y del 1% para la labranza profunda; la labranza convencional presentó un valor negativo de -2.5.

Tabla 7. Análisis económico de los sistemas de labranza evaluados para el cultivo del algodonero. Villavicencio. 1998B.

Concepto	Labranza Cero	Labranza Reducida	Labranza Convencional
Costos variables ($)	399.328	898.368	954.646
Costos fijos ($)	299.898	284.755	292.196
Comercialización (desmote) ($)	272.364	224.774	227.277
TOTAL COSTOS ($)	1.571.590	1.407.897	1.436.836
PRODUCCION (Kg/ha)	1.856	1.527	1.544
INGRESO BRUTO ($)	1.727.181	1.421.016	1.436.836
RENTABILIDAD ($)	10.0	1.0	(-2.5)

LABRANZA DE CONSERVACIÓN PARA LA ZONA ALGODONERA DE VILLANUEVA

Caracterización Físico-Química del Suelo. Finca La Ponderosa

Los suelos de esta zona son de mejores características físico-químicas que los de la zona de Villavicencio y presentan en promedio las siguientes características: suelo ácido (pH = 5.8), contenido medio de materia orgánica (1.9%), alto de P (65 ppm), buen contenido de Ca y Mg (4.65 y 1.01 meq/100g, respectivamente), medio de K (0.17 meq/100 g) (Tabla 8), alto contenido de Fe, Mn y Zn (106, 23.6 y 6.2 ppm, respectivamente) y contenido medio de B y Cu (0.32 y 2.9 ppm) (Tabla 9).

Los mayores niveles de fertilidad del suelo se encuentran de 0 a 5 y de 5 a 10 cm de profundidad, para los contenidos de M.O, P, Ca, Mg y de elementos menores como Mn y Zn, los cuales son superiores a los de la zona de Villavicencio; después de una profundidad de 10 a 20 cm, estos contenidos también disminuyen sustancialmente.

Tabla 8. Contenido promedio de M.O, P y bases intercambiables a diferentes profundidades del suelo. Villanueva, 1998 B.

Profundidad (cm)	pH	M.O (%)	P (ppm)	Acidez	Ca	Mg (meq/100 g)	K	Na
0- 5	5.7	2.2	80	-	5.31	1.07	0.23	0.17
5-10	5.8	2.2	71	-	4.76	1.03	0.20	0.15
10-20	5.7	1.8	57	-	4.22	0.96	0.15	0.17
20-30	6.0	1.5	51	-	4.31	0.98	0.09	0.17
Promedio	**5.8**	**1.9**	**65**	**-**	**4.65**	**1.01**	**0.17**	**0.16**

Tabla 9. Contenido de elementos menores en promedio y a diferentes profundidades del suelo. Villanueva, finca La Ponderosa, 1998B.

Profundidad (cm)	Fe	B	Cu (ppm)	Mn	Zn
0- 5	171	0.37	3.1	40.0	8.8
5-10	127	0.37	3.3	25.0	6.9
10-20	125	0.30	3.0	13.5	5.2
20-30	128	0.25	2.3	16.0	3.8
Promedio	**106**	**0.32**	**2.9**	**23.6**	**6.2**

- **Textura.**

Por su composición, es un suelo de textura franca, con 41% de arena, 42% de limo y 17% de arcilla, no tiene problema de drenaje, con una conductividad hidráulica moderadamente rápida entre 3.62 y 8.54 cm/hr y con agregados estables al agua lluvia, con un diámetro medio de 4. Debido a estas características, este suelo presenta condiciones mucho más apropiadas para la producción del algodón que el de Villavicencio, sobretodo considerando la susceptibilidad de este cultivo al exceso de humedad, característica importante de tener en cuenta en la localización de los lotes para este cultivo.

- **Resistencia.**

En cuanto a características físicas como resistencia, el valor inicial fue bajo, entre 0.78 y 2.05 MPa, pues se reporta como nivel crítico para algodón 2 MPa, valor que en este caso se presenta entre los 18 y 24 cm de profundidad; una vez se establecieron los tratamientos de labranza se sembró y cosechó el algodón, estos valores aumentaron en todos los tratamientos, así: la labranza cero presentó valores entre 1.79 y 3.21 MPa, la labranza con cincel, valores entre 1.38 y 3.07 MPa y la convencional, valores entre 1.61 y 3.06 MPa, lo cual se explica porque en la época del muestreo (3 de marzo/99) el suelo tenía muy poca humedad (16.5%) (Tabla 10).

Tabla 10. Resistencia del suelo (MPa) de 0 a 42 cm de profundidad para el desarrollo de las raíces del algodón, antes de la siembra (98B)* y después de la cosecha (99A)*. Villanueva.

Profundidad (cm)	Inicial	Resistencia (MPa)		
	98B	Labranza Cero	Labranza Reducida	Labranza Convencional
		99A	99 A	99A
0- 6	0.78	1.79	1.38	1.61
6-12	1.49	2.94	2.60	2.94
12-18	1.93	2.85	3.07	2.62
18-24	2.05	2.76	3.13	3.06
24-30	1.87	3.21	2.81	2.86
30-36	1.69	2.51	2.86	2.44
36-42	1.59	2.46	2.69	1.86

* Suelo con 26.3% y 16.5% de humedad, respectivamente

• Densidad aparente

En cuanto a la densidad aparente del suelo, los menores valores (1.35 a 1.48 g/cc), aunque aún son altos, se encuentran en los primeros 10 cm de profundidad; igual que para la resistencia, los valores aumentaron en todas las labranzas por la poca humedad del suelo. El valor inicial de densidad aparente estuvo entre 1.35 y 1.50 g/cc. Después de la cosecha, esos valores estuvieron en la labranza cero, entre 1.46 y 1.59 g/cc; en la labranza con cincel, entre 1.45 y 1.53 g/cc y en la convencional, entre 1.45 y 1.54 g/cc. Estas diferencias entre las labranzas no fueron significativas en términos estadísticos (Tabla 11).

Tabla 11. Densidad aparente del suelo (g/cc) de 0 a 30 cm de profundidad para el desarrollo de las raíces del algodón, antes de la siembra (98B)* y después de la cosecha (99A)*. Villanueva.

Profundidad (cm)	Inicial 98B	Densidad aparente (g/cc) Labranza Cero 99A	Labranza Reducida 99B	Labranza Convencional 99A
0-10	1.35	1.48	1.45	1.45
10-20	1.50	1.59	1.53	1.54
20-30	1.44	1.46	1.45	1.53

* Suelo con 26.3% y 16.5% de humedad, respectivamente

- Porosidad

Con relación a la porosidad total del suelo, se observó que la porosidad inicial (media a alta, 43 a 50%), se conservó durante los cuatro meses de implementación de las labranzas con cincel y convencional (41.8 a 44.9%), en tanto que disminuyó (39.5 a 44.5%) en la labranza cero (Tabla 12).

Tabla 12. Porosidad total del suelo (%) de 0-30 cm de profundidad para el desarrollo de las raíces del algodón, antes de la siembra (98A)* y después de la cosecha (99B). Villanueva.

Profundidad (cm)	Inicial 99B	Porosidad total (%) Labranza Cero	Labranza Reducida	Labranza Convencional
		99A	99A	99A
0-10	50.3	43.7	44.9	44.9
10-20	43.0	39.5	41.8	41.4
20-30	45.2	44.5	44.9	41.8

*Suelo con 26.3% y 16.5% de humedad, respectivamente

Comportamiento del Algodonero en los Sistemas de Labranza de Conservación. Zona Villanueva.

En Villanueva, el cultivo del algodón alcanzó mayores rendimientos y altura de planta que en Villavicencio. La Tabla 13 presenta los rendimientos y la altura de planta para los sistemas de labranza evaluados. En la altura de planta se presentaron diferencias altamente significativas entre los sistemas de labranza, resultando la mayor altura en la labranza convencional con 115 cm, mientras que en la labranza profunda se obtuvieron 103 cm de altura y la menor altura le correspondió a la labranza cero o siembra directa con 83 cm.

En cuanto a rendimientos, solo se observaron diferencias significativas entre los sistemas de labranza. En concreto, la labranza profunda logró la mayor producción, con 2.330 kg/ha, seguida por la labranza convencional, con 2.262 kg/ha. diferencia que no alcanza a ser significativa en términos estadísticos. La menor producción le correspondió a la labranza cero o siembra directa con solo 1.701 Kg/ha, diferencia que no es significativa con respecto a la labranza convencional pero si lo es con respecto a la labranza profunda.

Tabla 13. Rendimiento y altura de plantas del algodonero bajo tres sistemas de labranza. Villanueva. 1998B.

Sistema	Rendimiento (kg/ha)*	Altura de planta (cm)
Labranza Convencional	2.262 ab	115 a
Labranza Profunda	2.330 a	103 b
Labranza Cero (S.D)	1.701 b	83 c
C.V (%)	23%	8.3

* Rendimiento en algodón-semilla

Análisis de Costos y Rentabilidad de los Sistemas de Labranza de Conservación

Al analizar el costo de los diferentes factores de la producción de algodón en Villanueva, se observa que la mayor participación en el costo total la tienen la cosecha, el control de malezas y la fertilización. En la labranza cero, los costos del control de malezas representan el 25% del costo total, mientras que en

la la labranza profunda esos costos representan el 14% del total y en la labranza convencional representan el 13.6%. Estos costos señalan la importancia de efectuar eficientes controles en la presiembra y en la postemergencia, en el tratamiento de siembra directa o labranza cero.

El costo de la cosecha alcanza porcentajes superiores al 40% de los costos totales para los tres sistemas de labranza, lo que indica la necesidad de buscar una mayor eficiencia en este proceso. La fertilización también participa activamente en los costos ya que alcanza al 14.7% en la labranza cero, al 16.3% en la labranza profunda y al 15.4% en la labranza convencional.

La Tabla 14 muestra los costos variables, costos fijos, costos de desmote y costos totales de producción para el cultivo del algodón en los tres sistemas de labranza estudiados. En ella se observa que los mayores costos los obtuvo la labranza convencional con $1.759.800 y los menores costos ($1.731.897) la labranza profunda. El mayor ingreso bruto le correspondió a la labranza profunda seguida de la labranza convencional y los menores ingresos fueron para la labranza cero con $1.582.939. La rentabilidad mayor para los sistemas de labranza fue para la labranza profunda con un valor del 25.2% y para la labranza convencional, con una rentabilidad del 19.6%. La labranza cero para esta zona presentó valores negativos.

Tabla 14. Análisis económico comparativo de los sistemas de labranza evaluados para el cultivo del algodonero. Villanueva. 1998 B.

Concepto	Labranza Cero	Labranza Reducida	Labranza Convencional
Costos variables ($)	1.151.317	1.068.036	1.100.720
Costos fijos ($)	334.210	320.885	326.114
Comercialización (desmote)($)	250.387	342.976	332.966
TOTAL COSTOS ($)	1.735.900	1.731.897	1.759.800
PRODUCCION (Kg/ha)	1.701	2./330	2.262
INGRESO BRUTO ($)	1.582.939	2.168.283	2.105.002
RENTABILIDAD (%)	(-8.8)	25.2	19.6

CONCLUSIONES

Los suelos de la zona de Villanueva presentan menos limitantes en las condiciones físico - químicas para la producción de algodón que la zona de Villavicencio.

Las condiciones físicas de los suelos como textura, conductividad hidráulica, porosidad, resistencia a la penetración y densidades son determinantes en el potencial productivo del cultivo del algodón, en estas dos regiones.

La producción de algodón fue superior en la zona de Villanueva y los sistemas de labranza de conservación (labranza cero y labranza profunda) se presentan como alternativas competitivas para el cultivo del algodón. Sobresalió en la zona de Villavicencio la labranza cero y en Villanueva la labranza profunda.

En general, los mayores costos de producción del algodón se presentan en la cosecha, en el control de malezas y en la fertilización. En la labranza cero y en la labranza profunda, se redujeron los costos de preparación de suelos.

La zona de Villanueva mostró la mayor rentabilidad (25.1% y 19.6%) en labranza profunda y convencional, respectivamente; mientras que en Villavicencio la labranza convencional presentó rentabilidad negativa y en la labranza cero o siembra directa, fue del 10%.

RECOMENDACIONES

Continuar los trabajos de investigación en los sistemas de labranza de conservación para la zona de Villanueva, donde se presenta un excelente potencial en suelo y ambiente para la producción competitiva y rentable del algodón.

En suelos manejados convencionalmente (rastra y rastrillo) se recomienda iniciar con labranza reducida (profunda) antes de pasar a la labranza cero o siembra directa; esta estrategia permite lograr todas las ventajas agronómicas y económicas del sistema.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Barber, R.G.; Navarro, F y Orellana, M. 1993. Labranza vertical. "Manual del manejo de suelo para agricultores mecanizados". Cap. 15 del CIAT. MBAT. Banco Mundial. Santa Cruz, Bolivia. 32 p.

Barreto, H.; Raab, R.; Viollic, A.D. y Tasistro, A. 1988. Labranza de conservación en maíz. Documento de trabajo CIMMYT- PROCIANDINO. 195 p.

Calegari, A.; Busilani, E.A.; Wildner, L.P.; Baltasar, M.; Bardauil, A.P.; Miyasaka, S.; Amado, C.T. 1993. Abudacao verde no sul do Brasil. 2a. Edicao, AS-PTA. Assesoría e servicos a projetos em agricultura alternativa. Rio de Janeiro. 346 p.

Crovetto, C. 1995. La cero labranza, los rastrojos y la fertilidad de los suelos. Fondo Chequen, Florida. Chile. 14 p.

Fundacao ABC. Curso intensivo sobre plantío directo Na. Palha. Resumos. 103 p. Fundacao ABC para asistencia e *Divulgacao Técnica Agropecuaria*. Rodovira. PR. 151. Km 155.5.

Navas, G.E.; Delgado, H. 1997. Potencialidad del uso de los abonos verdes en el mejoramiento de suelos de los Llanos Orientales. Corpoica, Regional 8, C.I. La Libertad. (Boletín Técnico No. 4)

Orjuela R., M.S. y Sánchez M., O.O. 1991. Influencia de cinco sistemas de preparación de suelo en el rendimiento de dos genotipos de maíz (Zea mays L.) *en suelos de vega del departamento* del Meta. Tesis de grado. Universidad Tecnológica de los Llanos. Facultad de Ingeniería Agronómica. Villavicencio. 128 p.

Caicedo, S.; Navas, G.E. y Bernal, J.H. 1997. Labranza reducida y siembra directa en el sistema de rotación maíz-soya del Piedemonte Llanero. Corpoica, Regional 8, C.I. La Libertad. (Boletín Técnico No. 03)