



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), septiembre-octubre 2024,
Volumen 8, Número 5.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i5

**EVALUACIÓN DE LA RESPUESTA DE LA
ROTACIÓN ALGODÓN-MAÍZ CON
DIFERENTES PRÁCTICAS DE LABRANZAS EN
EL VALLE CÁLIDO DEL ALTO MAGDALENA**

**EVALUATING THE RESPONSE OF COTTON AND CORN
ROTATION TO VARIOUS TILLAGE PRACTICES IN THE
ALTO MAGDALENA WARM VALLEY**

Montenegro-Ramos, Omar

Centro de Investigación Nataima, Colombia

Jaramillo-Bonilla, Sair

Centro de Investigación Nataima, Colombia

Abaunza-González, Carlos

Centro de Investigación Nataima, Colombia

Evaluación de la Respuesta de la Rotación Algodón-Maíz con Diferentes Prácticas de Labranzas en el Valle Cálido del Alto Magdalena

Montenegro Ramos Omar¹

omontenegro@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0001-8905-5283>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia)
Centro de Investigación Nataima
Tolima Colombia

Jaramillo Bonilla Sair

sjaramillo@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-1297-7444>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia)
Centro de Investigación Nataima
Tolima Colombia

Abaunza González Carlos

cabaunza@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-4496-1455>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia)
Centro de Investigación Nataima
Tolima Colombia

RESUMEN

En el centro de investigación experimental CI Nataima de la corporación Colombiana de investigación agropecuaria (Agrosavia) ubicada a 4° 11' 14" Latitud norte y 74° 57' 22" longitud Oeste y 381 msnm, se llevó a cabo un experimento en un suelo Typic Haplustepts de textura franco arenosa y se evaluó el efecto de cuatro sistemas de labranza con el rendimiento con los cultivos de maíz (*Zea mays* L.) y algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en rotación y el efecto se evaluó a partir de algunas propiedades físicas y químicas en el suelo. Los sistemas de labranza fueron: convencional (LC), reducida con caballones (LR), vertical con cincel rígido (LV) y siembra directa (SD) (labranza cero). Las características físicas analizadas fueron: densidad aparente (Da), densidad real (Dr), porosidad Total (PT), agua aprovechable e infiltración (Inf) y químicas pH, contenidos de MO, fósforo (P) y potasio (K), calcio (Ca), Magnesio (Mg), azufre (S) y capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE). Los resultados para el cultivo de maíz mostraron que con la labranza reducida más el levantamiento de caballones, las plantas alcanzaron la mayor altura (239 cm), y la labranza convencional presentó los menores valores (209 cm). El peso del grano por mazorca y el rendimiento por hectárea, presentó los mayores valores con la labranza vertical, alcanzando 102 g/mazorca y 5475 kg ha⁻¹ respectivamente. Para el cultivo de algodón se encontró que la labranza reducida con la construcción de caballones presentó los mayores rendimientos alcanzando un promedio de producción de 1290 kg ha⁻¹ de fibra siendo superior hasta en 557 kg ha⁻¹ al obtenido con la labranza vertical. La resistencia a la penetración del suelo presentó una relación inversa con los rendimientos de algodón presentando reducción significativa a partir de los 3 Megapascuales. Se observó una relación directa entre la longitud de la raíz principal y el rendimiento del cultivo de algodón al igual que entre el porcentaje de humedad a capacidad de campo (CC) y los rendimientos; alcanzando la más alta producción con valores superiores al 12% de humedad a CC. La velocidad de infiltración fue similar para los diferentes métodos de labranza. Las propiedades químicas del suelo, evaluadas para el sistema de rotación algodón-maíz no presentaron diferencias estadísticas significativas sin embargo se observó que la labranza reducida presentó alguna tendencia a acumular un mayor porcentaje de materia orgánica y mayor contenido de magnesio.

Palabras clave: labranza, suelo, rendimiento, labranza reducida, algodón.

¹ Autor principal

Correspondencia: omontenegro@agrosavia.co

Evaluating the Response of Cotton and Corn Rotation to Various Tillage Practices in the Alto Magdalena Warm Valley

ABSTRACT

At the CI Nataima experimental research center of the Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) located at N 4° 11' 14" W 74° 57' 22" and 381 meters above sea level, an experiment was carried out on sandy loam Typic Haplustepts. Four tillage systems were evaluated with rotated corn (*Zea mays* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) crop yields, and the effect was assessed based on some physical and chemical properties of soil. The tillage systems were conventional, reduced with ridges, vertical with a rigid chisel, and direct seeding (zero tillage). The physical characteristics analyzed were apparent density, actual density, total porosity, usable water and infiltration, chemical pH, organic matter, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, and sulfur content, and adequate cation exchange capacity. The corn crop results showed that, with reduced tillage plus ridging, the plants reached the maximum height (239 cm), while conventional tillage had the lowest values (209 cm). Grain weight per ear and yield per hectare showed the highest values with vertical tillage, reaching 102 g/ear and 5475 kg ha⁻¹, respectively. Reduced tillage with ridging had the highest yields for cotton crops, reaching an average production of 1290 kg ha⁻¹ of fiber, being 557 kg ha⁻¹ higher than that obtained with vertical tillage. Resistance to soil penetration exhibited an inverse relationship with cotton yields, involving a significant reduction by 3 Megapascals. A direct relationship was observed between the length of the primary root and the crop yield of cotton and between the percentage of humidity at field capacity (CC) and yields, reaching the highest production with values over 12 % humidity at CC. The infiltration rate was similar for the different tillage methods. The chemical properties of the soil evaluated for the cotton-corn rotation system did not have significant statistical differences. However, reduced tillage tended to accumulate a higher percentage of organic matter and higher magnesium content.

Keywords: tillage, soil, yield, reduced tillage, cotton.

Artículo recibido 08 agosto 2024

Aceptado para publicación: 10 setiembre 2024



INTRODUCCIÓN

Gran parte de la actividad agrícola del valle cálido del alto Magdalena la constituyen principalmente los cultivos de algodón que durante el primer semestre de 2023 alcanzó en una extensión aproximada de 3327 hectáreas con un rendimiento de 1,04tn ha⁻¹ y maíz el cual se establece durante el segundo semestre con un área aproximada de 25521 hectáreas (CONALGODÓN, 2023). El exceso de laboreo y la forma como se ha venido practicando la preparación de suelos durante más de 50 años, ha generado la pérdida de la estructura de los suelos y reducción de los contenidos de materia orgánica a niveles inferiores al 1%, disminución en el valor de la densidad aparente, disminución en el porcentaje de la porosidad, disminución en la velocidad de infiltración y conductividad hidráulica, disminución en la retención de humedad, aumento en la resistencia a la penetración de raíces por compactación y aumento en las cantidades de fertilizantes utilizados y por consiguiente aumentos en los costos de producción (Grandet, 2001). Para Colombia se reportan pocos trabajos de investigación en sistemas de labranza, en la revisión realizada se encontraron los trabajos de Prieto et al. (2010); García (1991); Bonilla y Murillo (1998); Bonilla y Vanegas (1998); García y Duran (1998) Martínez et al. (2003); realizados en la zona algodonera de la costa caribe; García et al. (2018) Trabajo realizado en la región de los llanos orientales y Herrera y Romero (1998); Alvarez (2005); estos dos últimos realizados en el valle alto del Magdalena. En este contexto, los sistemas de labranza ejercen efectos diferenciales en el rendimiento de los cultivos, en las características físicas, químicas e hidráulicas de los suelos. Bajo el sistema de labranza convencional de preparación del suelo, que ha sido utilizado durante muchos años en la producción de cultivos en el valle cálido del alto Magdalena; deja la superficie del suelo sin ninguna cobertura y con tamaños de partícula de suelo muy pequeños (polvo). El uso repetitivo del arado y la rastra destruye la estructura de la capa superficial del suelo, la continuidad del espacio poroso y reduce el contenido de materia orgánica (Pitty 1997). El método de labranza vertical es utilizado en áreas en donde se presentan problemas de compactación sub-superficial que limitan el desarrollo radical de los cultivos en este método no hay remoción del suelo. El método consiste en abrir con la máquina un pequeño surco en donde se coloca la semilla y la mayor parte del rastrojo, cultivo de cobertura o residuos de la cosecha anterior quedan en la superficie (Altieri 1983).



Los rastrosos o coberturas vivas deben ser eliminados antes de la siembra o inmediatamente después de ésta, con un herbicida sistémico como glifosato o con uno de contacto como el paraquat. La labranza reducida es un método que se debe acomodar a las condiciones específicas de cada suelo, manejo del cultivo y condiciones climáticas; que usado correctamente puede reducir los costos de producción por la disminución del número de pases de los implementos y su efecto en el desarrollo del cultivo. Este método se pueden realizar labores como el levantamiento de caballones a diferentes distancias que hacen más eficiente la aplicación de nutrientes y la distribución del riego (Báez y Aguirre. 2011). El método de siembra directa o labranza cero es utilizado en grandes extensiones en varios países del mundo y hace parte de los principios de la agricultura de conservación ya que no perturba el suelo porque no remueve o invierte las diferentes capas u horizontes del perfil del suelo. El método consiste en abrir con la máquina un pequeño surco en donde se coloca la semilla y la mayor parte del rastrojo, cobertura o residuos de la cosecha anterior quedan en la superficie (Altieri 1983).

Aunque en muchos países del mundo hay información del tema de labranzas, es necesario adelantar trabajos de investigación a nivel local que permitan ofrecer a los agricultores y asistentes técnicos alternativas de producción, con menores costos unitarios y ambientalmente sanas. Con el manejo actual se seguirá incrementando las cantidades de fertilizantes de tipo químico para mantener las producciones, si bien el proceso de cambio de labranza convencional a técnicas de la siembra directa se han aplicado con éxito en varias regiones del mundo requiere de investigación permanente, debido a que factores climáticos hacen variar los efectos del laboreo sobre las propiedades del suelo (Heard et al. 1988). Por lo tanto, si se desea obtener rentabilidad con productos de alta calidad y con una producción sostenible y con capacidad para competir en los mercados internos y externos, es necesario, que el suelo sea capaz de suministrar a la planta el agua y los nutrientes esenciales en cantidades adecuadas y oportunas. Para ello debe poseer buenas propiedades no solamente químicas, sino físicas (Lora 1998). Teniendo en cuenta lo anterior, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de diferentes métodos de labranza sobre las propiedades físicas y químicas de un suelo del valle cálido del alto Magdalena y su respuesta sobre el desarrollo y rendimiento de los cultivos maíz - algodón.



MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El trabajo de investigación se realizó en la C.I Nataima de Agrosavia ubicado en el municipio de El Espinal, departamento del Tolima, Colombia. Coordenadas geográficas 4° 53' 05'' Latitud Norte y 74° 47' 17'' Longitud Oeste. 371 m de altura sobre el nivel del mar. Zona agro climática Bosque Seco Tropical (BsT) según el modelo Holdridge (1967), con una precipitación promedio de 1273 mm anuales distribuidos en los meses de marzo a junio y de octubre a diciembre y dos periodos secos de diciembre a febrero y de julio a septiembre, la temperatura media anual de 28° C. Suelo de textura franco arenosa, clasificado como un Typic Haplustepts (USDA 2014), con más de 30 años de cultivo intensivo en el sistema algodón- maíz.

Tratamientos

Los tratamientos correspondientes a los métodos de labranza aplicados fueron:

T1 = Labranza Convencional (LC) (dos pases de rastra y un pase de rastrillo).

T2 = Labranza Reducida + Caballones (un pase de rastra uno de rastrillo y levantamiento de caballones)

T3 = Labranza Vertical (LV) (dos pases de arado cincel en ángulo de 45 ° y un pase de rastrillo).

T4 = Siembra Directa (SD) o labranza cero. (quema con glifosato en pre-siembra).

La siembra directa se realizó con una sembradora mecánica tipo Semeato diseñada para esta labor, sobre los residuos de la cosecha cortados previamente con una desbrozadora. Los cultivos plantados fueron maíz variedad (Impacto viptera-3) en el segundo semestre de 2016 y algodón (ST-5288- 2BF) en el primer semestre de 2017, por ser éstos los dos cultivos comerciales y tradicionales en la región. Los tratamientos se establecieron sobre un diseño experimental en un arreglo de bloques completos al azar (BCA) con tres repeticiones. El área de cada tratamiento de labranza fue de 2500m². Para un total del área experimental de tres hectáreas, la distancia de siembra para maíz fue de 80 cm entre surcos y un promedio de 5 a 6 plantas por metro lineal para una población final de 70.000 plantas/ha.

Procedimientos

Caracterización del suelo del sitio del experimento. El ensayo se realizó en el Centro de Investigación de Nataima, ubicado en el municipio de El Espinal del departamento de Tolima. Se realizó una caracterización inicial del suelo, para lo cual se construyó una calicata de 1 m x 1 m hasta la profundidad

de 1,2 m. Se evaluó las propiedades físicas y se tomaron las muestras para la determinación de las propiedades químicas en el laboratorio. Se realizó dos ciclos, uno de maíz en el semestre B de 2016 y uno de algodón en el semestre A de 2017. Después de la cosecha del algodón, se evaluaron las variables en estudio.

Propiedades físicas. Las propiedades físicas evaluadas fueron:

Densidad aparente (Da): determinada por el método del cilindro a la profundidad entre 10-20 cm por la relación entre la masa de sólidos y el volumen total, cuya técnica se basa en la toma de muestras de suelo sin disturbar mediante un cilindro, de volumen conocido y éste se relaciona con el peso del suelo seco a 105° C (IGAC, 2006).

Densidad real (Dr): La determinación se realizó por el método del picnómetro cuya técnica se basa en el cálculo del volumen de agua que desplazan las partículas de sólidas de suelo (IGAC, 2006).

Porosidad: La porosidad total se calculó mediante la siguiente expresión:

$Pt (\%) = (1 - Da/Dr) * 100$. En donde

Pt (%) = Porcentaje de porosidad total.

Da= Densidad aparente (g.cm⁻³).

Dr= Densidad real (g.cm⁻³).

Se expresa como el porcentaje del volumen del suelo que ocupan los poros (Narro, 1994).

Para la determinación de las densidades se siguieron los protocolos de Agrosavia códigos GA-R-84 para densidad aparente y código GA-R-195 para densidad real.

Infiltración: Corresponde a determinar la velocidad de agua que se infiltra en suelos a capacidad de campo en determinada unidad de tiempo. Se empleó el infiltrómetro de doble anillo que consiste en un anillo externo de 63 cm de diámetro y uno interno de 33 cm de diámetro (Naeth et al., 1991), se siguió la metodología de IGAC 2006 consignada en el protocolo de Agrosavia (CÓDIGO: GA-R-98).

Retención de humedad: La capacidad de retención de humedad se determinó mediante las ollas de presión en 5 puntos 0.1, 0.3, 1.0, 3.0 y 15.0 atmósferas (Pierroux y White 1988).

Penetrometría: Se realizó la medición de la resistencia del suelo a la penetración con un penetrómetro manual Eijkelkamp tipo Stiboka, para profundidades hasta 1 m en unidades de Newtons para luego realizar la conversión a kpa. Se basa en la medición de la fuerza necesaria para penetrar el suelo con

una sonda metálica. Esta medida se relaciona con el grado de compactación de suelo, y está influenciado por el contenido de humedad, por lo que se toma a capacidad de campo, textura y tipo de arcilla (IGAC, 2006).

Propiedades químicas. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las propiedades químicas, al final del cultivo de algodón, se tomaron muestras de suelo de los primeros 20 cm en todas las unidades experimentales y se llevaron al laboratorio de suelos de Agrosavia en el Centro de Investigación de Tibaitatá, fueron procesadas según las siguientes metodologías para las determinaciones: pH (NTC 5596.2008), contenidos de materia orgánica Walkley & Black, fósforo (NTC 5350.2005), potasio(NTC 5349.2008), calcio (NTC 5349.2008), magnesio (NTC 5349.2008), azufre (Fosfato monobásico de calcio), sodio (NTC 5349.2008) y elementos menores (hierro, manganeso, cobre, zinc y boro)(NTC 5526.2007).

Parámetros de crecimiento.

Para maíz se evaluó la altura de planta, número de mazorcas por planta, peso de mazorca y relación tuza - maíz. Para el algodón se evaluó: altura de planta, longitud de la raíz principal, número ramas productivas por planta, número de motas por planta, peso de mota, porcentaje y calidad de fibra.

Rendimiento de los cultivos. La respuesta de los cultivos a los tratamientos se evaluó a través de un muestreo de rendimiento, cosechando cinco surcos centrales de cada unidad experimental en cada cultivo. Esta variable fue medida en los dos ciclos uno del cultivo maíz y uno de algodón (un año agrícola) y se expresó en kg. ha⁻¹ teniendo como base en un 14% de humedad para el maíz y 10% para el algodón.

Análisis estadístico. Se utilizó el programa InfoStat (V. 2017) para el análisis de las variables a las cuales se les realizó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza, un análisis de varianza individual y su correspondiente prueba de medias de Tukey además de un análisis de correlación entre variables.

RESULTADOS

Variables para el cultivo de maíz

Se analizaron las principales variables y componentes del rendimiento para el cultivo del maíz en relación con los métodos de labranza y se encontró solamente diferencias significativas para la altura



de planta, sin embargo, las variables peso del grano por mazorca y rendimiento por hectárea se observó una tendencia a aumentar con el uso de la labranza vertical, con rendimientos de grano por mazorca de 102g y producciones que alcanzaron los 5475 kg/ha (Tabla 1).

Tabla 1: Variables evaluadas para el cultivo de maíz bajo diferentes métodos de labranza. 2016B

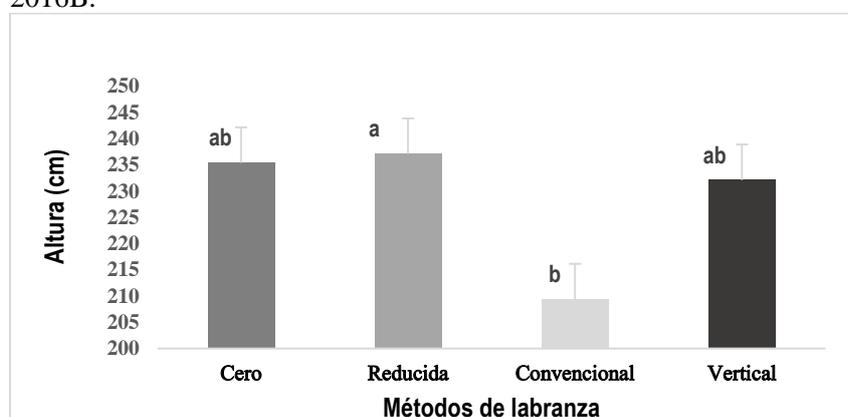
Método de labranza	Altura de planta (cm)	Mazorcas por planta	Peso grano/mazorca (g)	Relación Maíz/Tuza	Rendimiento grano (kg/ha)
Labranza Cero	235.0±4.85 a*	1.00±0.013 a	90.5±8.09 a	4.3±0.052 a	4473±110.6 a
Labranza Reducida	237.5±9.08 ab	0.95±0.040 a	93.3±6.06 a	4.7±0.321 a	5392±273.6 a
Labranza Convencional	209.6±5.22 b	1.01±0.013 a	96.8±13.4 a	5.2±0.240 a	4741±49.7 a
Labranza Vertical	232.0±9.50 ab	0.97±0.023 a	102.2±7.09 a	4.8±0.448 a	5475±756.9 a
CV (%)	5.11%	4.16%	15.44%	13.67%	17.07%
Error (CME)	136.4	0.0017	218,3	0,4231	780808,1
R ²	0.67	0.53	0.41	0.27	0.30

Medias con la misma letra no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$). Fuente: Este estudio

A continuación, se analizan en más detalle el comportamiento de algunas de las variables evaluadas en el cultivo del maíz.

Altura de planta: Los resultados del análisis de varianza no mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los métodos de labranza cero, reducida, vertical. La labranza convencional presento los menores valores de altura (209 cm) lo cual puede estar relacionado con la presencia de una capa endurecida en el horizonte Bw₁ que impide un buen desarrollo. Las plantas establecidas en labranza reducida con levantamiento de caballones, alcanzaron la mayor altura (239 cm), probablemente porque este método permite un mejor enraizamiento de las plantas y un aumento del volumen de suelo explorado por las raíces. (Figura 1).

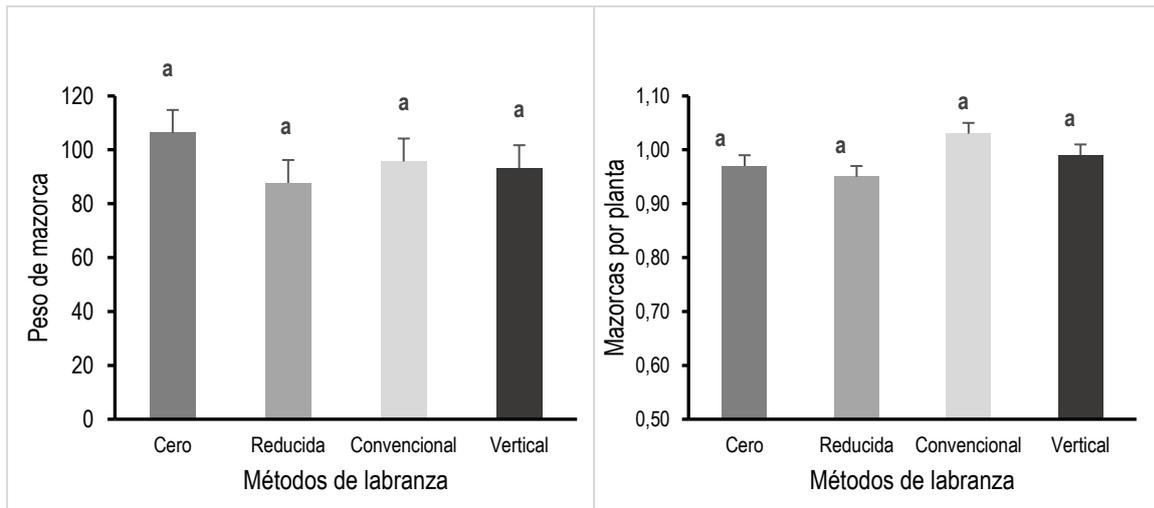
Figura 1. Altura de planta de maíz variedad (Impacto viptera-3) para diferentes métodos de labranza. 2016B.



Fuente: Este estudio

El número de mazorcas por planta y el peso promedio de mazorca no presentaron diferencias estadísticas al ($P \leq 0.05$) para los diferentes métodos de labranza, sin embargo, se evidenció un mayor número de mazorcas por planta en la labranza convencional, pero de menor tamaño, ya que el peso promedio de las mazorcas fue mayor en la labranza cero o siembra directa (Figura 2).

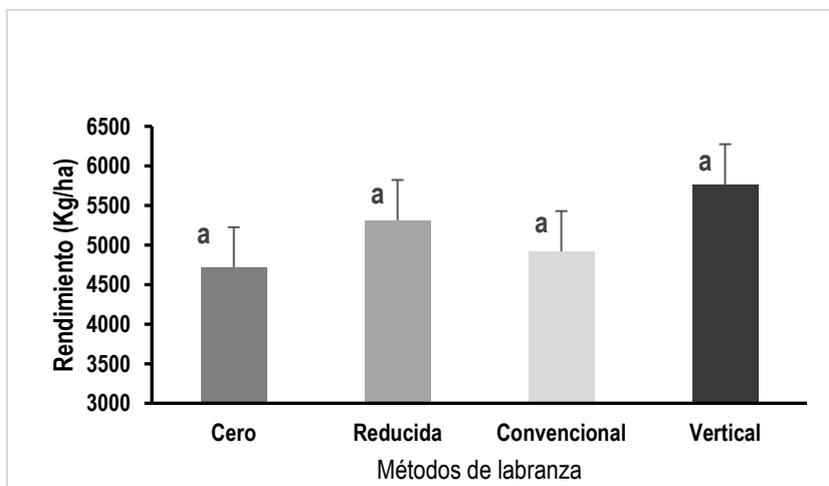
Figura 2. Número de mazorcas por planta y peso promedio de mazorca en plantas de maíz variedad (Impacto viptera-3) para diferentes métodos de labranza. 2016B.



Fuente: Este estudio

A pesar de que en el análisis para el rendimiento en grano no se evidenciaron diferencias estadísticas se observó que con el método de labranza vertical basado en dos pases de cincel rígido que alcanzó una profundidad promedio de descompactación de 35cm, los incrementos en los rendimientos fueron notorios siendo superiores al método de siembra directa hasta en una tonelada (Figura 3).

Figura 3. Rendimiento en grano de maíz variedad (Impacto viptera-3) para diferentes métodos de labranza. 2016B.



Fuente: Este estudio

Variables analizadas en el cultivo de algodón

Para el cultivo de algodón se analizaron las componentes del rendimiento en la variedad ST-5288- 2BF bajo los diferentes métodos de labranza evaluados y se encontró diferencias significativas para la altura de planta, porcentaje de fibra, producción de algodón semilla y producción de fibra. En estas variables se observó que la labranza reducida con la construcción de caballones se destacó como el método que presentó las mayores bondades ya que influyó positivamente en las componentes del rendimiento alcanzando un promedio de producción de 1290 kg/ha de fibra siendo superior hasta en 557 kg/ha al obtenido con la labranza vertical (Tabla 2).

Tabla 2: Variables evaluadas para el cultivo de algodón bajo diferentes métodos de labranza. 2017A.

Tratamientos	Altura planta (cm)	Ramas Productivas	longitud Raíz Principal (cm)	Motas por planta (g)	Peso de motas (g)	% Fibra	Algodón semilla (kg. ha ⁻¹)	Rendimiento Fibra (kg. ha ⁻¹)
Labranza Cero	77.70±4.0 2 b	11.25±0.8 4 a	14.97±0.2 3 a	13.81±0. 38 a	4.11±0.1 1 a	41.84±0. 69 b	1958.39±1 54 bc	843.97±64. 05 bc
Labranza Reducida	102.89±7. 78 a	11.77±0.3 5 a	18.67±0.6 0 a	16.27±0. 39 a	3.02±0.1 9 a	43.96±0. 49 a	3078.68±1 24 a	1290.98±5 3.41a
Labranza Convencional	90.70±6.0 2 ab	12.38±0.1 7 a	16.77±0.5 2 a	11.87±0. 51 a	5.97±0.3 3 a	42.71±0. 41 b	2354.73±1 39 b	1013.31±5 8.57 b
Labranza Vertical	85.12±7.2 9 b	11.77±0.5 6 a	15.40±0.7 5 a	12.03±1. 13 a	4.52±0.1 6 a	41.56±0. 41 b	1678.30±2 29 c	733.18±98. 87 c
CV%	5.40	4.37	13.26	0.00	4.05	0.89	12.74	12.51
Error estándar	23.16	0.2647	5.3797	1.8E-06	0.0298	0.38	288.9	121.43
R ²	0.93	0.82	0.35	0.76	0.74	0.71	0.83	0.82

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p \geq 0,05$)

Fuente: Este estudio

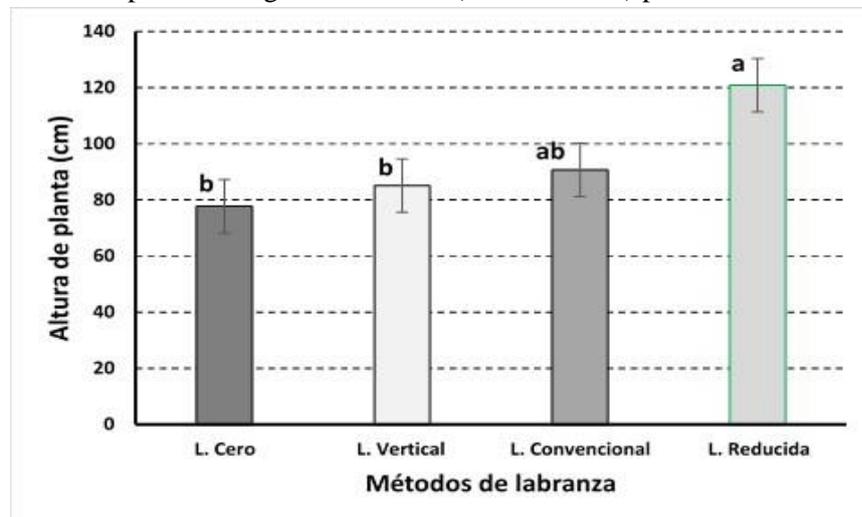
Un análisis más detallado de las diferentes variables permite observar el comportamiento del cultivo de algodón frente a los métodos de labranza evaluados.

Altura de planta: Los resultados del análisis de varianza mostraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre los métodos de labranza reducida y convencional con los demás métodos, alcanzando altura de 102,87cm y 90,73cm respectivamente. Las plantas establecidas en labranza reducida que incluyó la construcción de caballones presentaron la mayor altura de planta, probablemente porque este método permite un mejor enraizamiento de las plantas con mayor posibilidad de aumentar el volumen de exploración de suelo por las raíces. La menor altura (77,7cm) se presentó con la labranza cero lo cual

puede estar relacionado con la presencia de una capa endurecida en el horizonte Bw1 que impide un buen desarrollo radical y por lo se afecta el desarrollo aéreo de las plantas (Figura 4).

Figura 4.

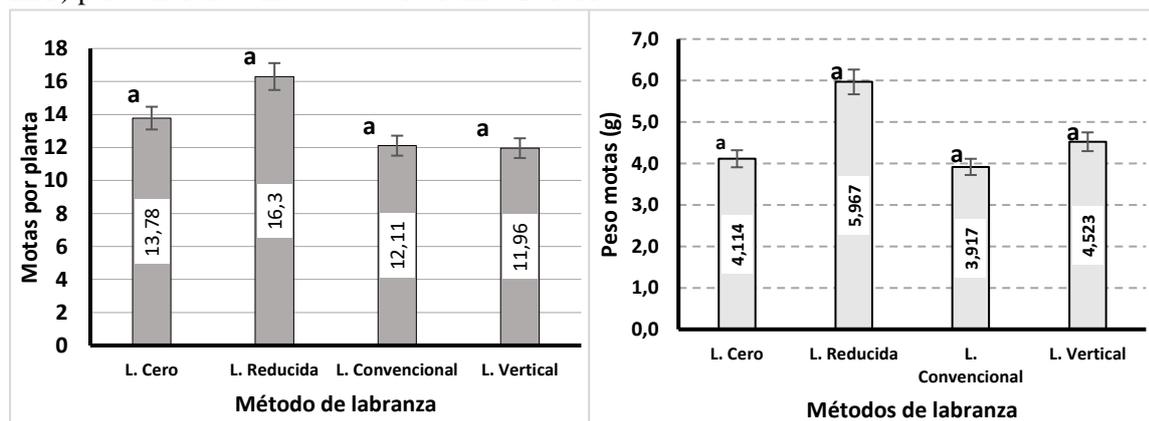
Altura de planta de algodón variedad (ST 5288-2BF) para diferentes métodos de labranza. 2017A.



Fuente: Este estudio

El número de motas por planta y el peso promedio de mazorca no presentaron diferencias estadísticas al ($P \leq 0.05$) para los diferentes métodos de labranza sin embargo se evidenció un mayor número de las motas y un peso promedio superior alcanzando 5,96 gramos con las plantas sembradas en la labranza reducida (Figura 5).

Figura 5. Número de motas por planta y peso promedio de motas en la variedad de algodón (ST 5288-2BF) para diferentes métodos de labranza. 2017A.

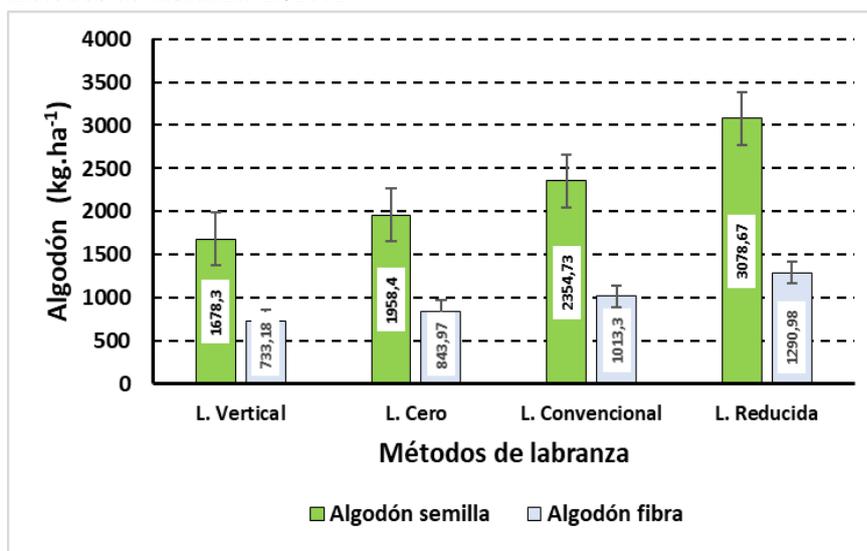


Fuente: Este estudio

La variedad de algodón ST-5288-2BF presentó diferencias estadísticas en el rendimiento con $P \leq 0.05$, tanto del algodón de campo o algodón semilla como en la producción de fibra; evidenciando que, con el método de labranza reducida basado en un pase de rastra y la construcción de caballones, se alcanzaron los mayores rendimientos (3078,67 kg/ha) representando más de 1400 kg/ha frente a los

obtenidos con la labranza vertical y más de 1100 kg/ha de los alcanzados con la cero labranza. Este mismo comportamiento se presentó con la producción de fibra, con rendimientos de 1290,98 kg/ha con la labranza vertical, representando un incremento superior al 43% frente a los obtenidos con la labranza vertical y más de 35% de los rendimientos con la cero labranza. Estos incrementos resultan importantes en el mejoramiento de los ingresos de los agricultores (Figura 6). Los mayores rendimientos presentados por la labranza reducida están relacionados con la mayor uniformidad de siembra, además presenta la ventaja de poder ubicar los nutrientes que se aplican en pre-siembra y colocarlos en la línea de siembra cuando se construyen los caballones, aumenta el volumen de exploración de raíces, también se facilitó la aplicación de riego por surco, facilita la destrucción de la soca debido a que hay una altura de corte o desbrozado más baja.

Figura 6. Rendimiento del algodón semilla y algodón fibra de la variedad (ST 5288-2Bf) bajo diferentes métodos de labranza. 2017A.



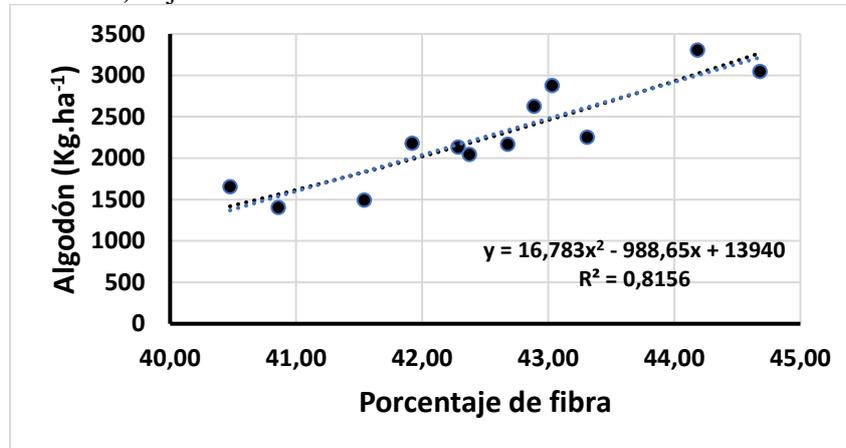
Fuente: Este estudio

Al determinar las correlaciones entre las variables de suelo con los rendimientos se observa la influencia que éstas presentaron sobre la expresión del cultivo.

La figura 7 muestra la relación entre el rendimiento y el porcentaje de fibra como resultados de la aplicación de diferentes métodos de labranza. Para garantizar que el porcentaje de fibra es un componente que puede estar limitando la producción del algodón se consideraron los tratamientos con todas las repeticiones para los diferentes métodos de labranza. La respuesta en la producción, presenta

una relación directa con los porcentajes de fibra ajustándose a un modelo cuadrático con R2 igual a 0,81.

Figura 7. Relación entre el rendimiento y el porcentaje fibra de algodón semilla de la variedad (ST 5288-2Bf) bajo diferentes métodos de labranza. 2017A.



Fuente: Este estudio

Variables de suelo evaluadas en el sistema de rotación Maíz -Algodón

En la tabla 3 se presentan las variables físicas del suelo, evaluadas para el sistema de rotación algodón-maíz y a pesar de no presentar diferencias estadísticas significativas sí se observan algunas tendencias en las cuales la labranza convencional presenta el mayor promedio de resistencia a la penetración, lo cual se correlaciona con una mayor densidad aparente en la capa más superficial del suelo afectando la porosidad y el porcentaje de agua aprovechable factores que pueden disminuir los rendimientos, así mismo se encontró que la tendencia en la labranza reducida con la construcción de caballones, presenta valores menores en la resistencia a la penetración y densidad aparente lo cual favorece una mayor porosidad y retención de humedad a capacidad de campo; factores que pueden mejorar el rendimiento.

Tabla 3. Variables de suelo evaluadas para la rotación maíz-algodón bajo diferentes métodos de labranza.

Tratamientos	Resistencia penetración Mpa	Densidad Real (g.cm-3)	Densidad aparente (0-5cm) (g/cm3)	Porosidad Total (%)	% agua a CC (0-5cm) 0.3 atm
Labranza Cero	3.1±0.30 a	2.35±0.012 a	1.41±0.075 a	39.98±3.06 a	13.0±0.51a
Labranza Reducida	3.1±0.11 a	2.34±0.007 a	1.42±0.012 a	39.44±0.63 a	13.1±0.96 a
Labranza Convencional	3.4±0.20 a	2.34±0.007 a	1.52±0.020 a	35.03±0.68 a	10.3±0.29 a
Labranza Vertical	3.1±0.28 a	2.33±0.026 a	1.41±0.079 a	39.27±3.35 a	11.9±1.66 a
CV%	14.67	1.17	6.61	10.05	22.13
Error estándar	0.21	0.0007	0.01	14.91	7.72
R ²	0.67	0.75	0.37	0.42	0.08

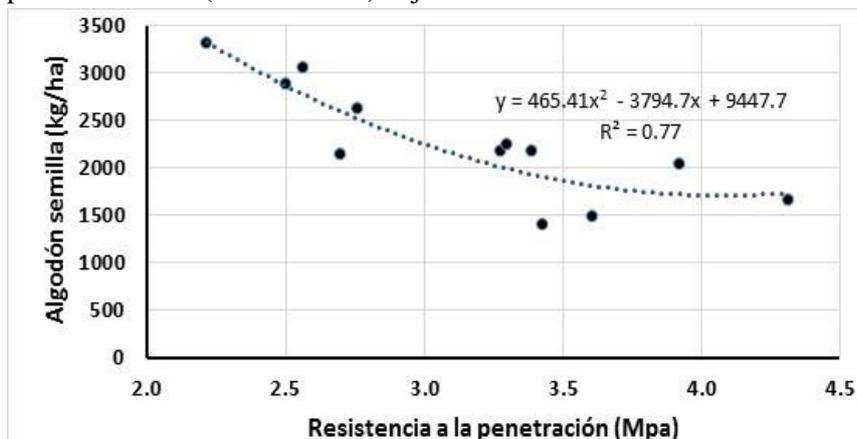
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0,05)

Fuente: Este estudio



Al analizar el comportamiento de la producción frente la resistencia que presenta el suelo a la penetración se observa que existe una relación inversa evidenciando que a medida que se aumenta la resistencia a la penetración se disminuyeron los rendimientos (figura 8). Para evidenciar que la resistencia a la penetración es un componente que puede estar relacionado con la producción del algodón se consideraron todos los tratamientos con todas las repeticiones para los diferentes métodos de labranza. La respuesta en la producción, presenta una relación inversa con valores superiores a 2 mega pascales (Mpa) ajustándose a un modelo cuadrático con R2 igual a 0,77. Presentando una fuerte reducción de los rendimientos a partir de los 3 Mpa; resistencia que se considera que es generada por una fuerte compactación del suelo y que constituye un impedimento mecánico para el crecimiento normal de las raíces (Materechera et al, 1992, y Vogel, 1992), demostrado que la compactación del suelo tiene un efecto tanto en el crecimiento (Barraclough *et al*, 1991), como en el rendimiento de los cultivos como lo reportan (Soane y Van Ouwerkerk, 1994).

Figura 8. Relación entre el rendimiento de algodón semilla y la resistencia a la penetración del suelo para la variedad (ST 5288-2Bf) bajo diferentes métodos de labranza.

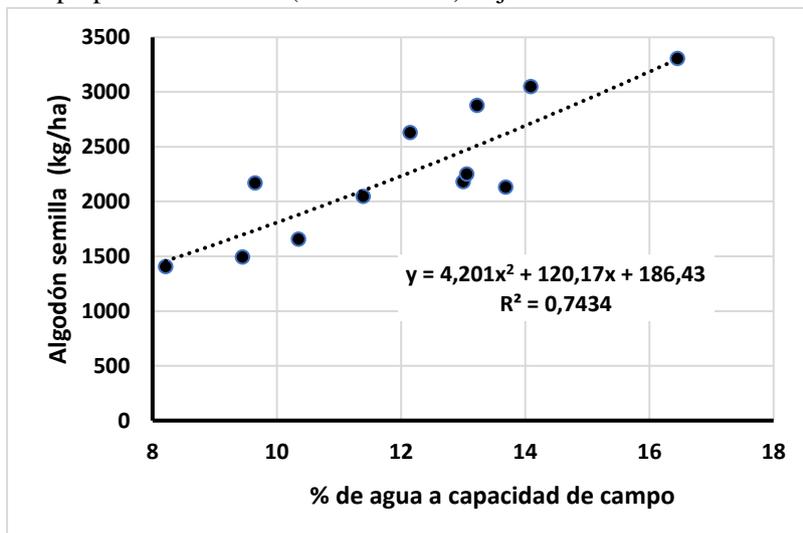


Fuente: Este estudio

Cuando la humedad del suelo es alta, el agua se difunde con facilidad por todo el espacio poroso del mismo y puede ser absorbida fácilmente por las raíces de las plantas, en la medida en que el suelo se seca la energía potencial baja y el agua es retenida con mayor fuerza por los capilares del suelo aumentando la fuerza de retención de la matriz sólida e impidiendo la absorción por las plantas. (Sánchez-Blanco y Torrecillas, 2008) La sequía reduce la producción de materia seca y los componentes de rendimiento, a través de la disminución del área foliar y el llenado de las estructuras reproductivas (Emam et al., 2010). Al analizar el comportamiento de la producción del cultivo de algodón frente al

contenido de humedad a capacidad de campo, se observa que existe una relación directa evidenciando que a medida que se aumenta el porcentaje de humedad a capacidad de campo se aumentan los rendimientos (Figura 9). Para realizar el análisis del comportamiento de la humedad frente a los rendimientos se consideraron todos los tratamientos con todas las repeticiones para los diferentes métodos de labranza. La respuesta en producción se incrementa con los valores superiores de humedad alcanzando los más altos rendimientos con valores superiores al 12% ajustándose a un modelo cuadrático con R^2 igual a 0,74.

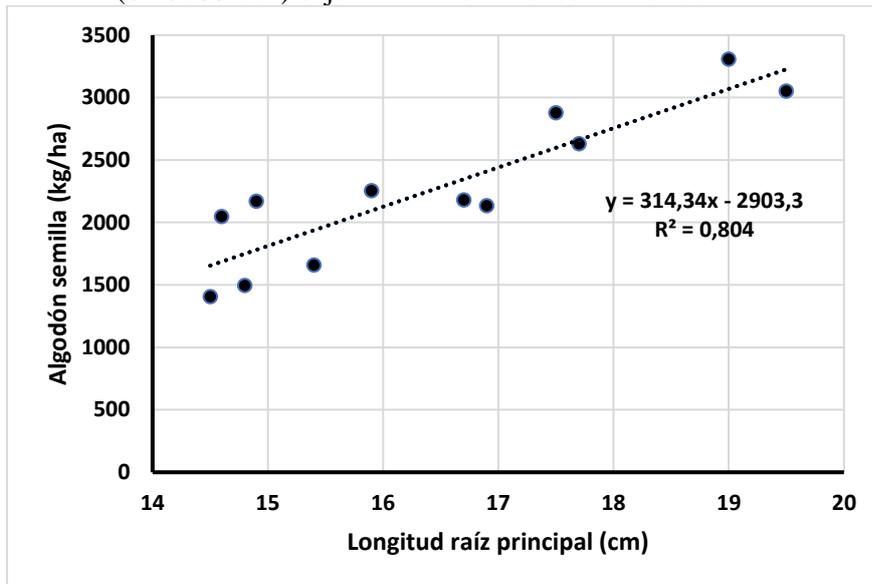
Figura 9. Relación entre el rendimiento de algodón semilla y el porcentaje de agua a capacidad de campo para la variedad (ST 5288-2Bf) bajo diferentes métodos de labranza.



Fuente: Este estudio

La raíz de la planta de algodón es axonomorfa o pivotante con raíces secundaria que se extienden en forma casi horizontal; la profundidad de penetración de la raíz principal puede alcanzar hasta 100cm si el suelo no tiene impedimentos físicos y su profundidad efectiva lo permite. La figura 10, muestra la relación entre el rendimiento y la longitud de la raíz principal como resultados del establecimiento del cultivo bajo diferentes métodos de labranza. Para analizar este componente y relacionarlo con la producción del algodón se consideraron los tratamientos con todas las repeticiones para los diferentes métodos de labranza. La respuesta en la producción, presenta una relación directa con la longitud de la raíz principal ajustándose a un modelo lineal con R^2 igual a 0,80.

Figura 10. Relación entre el rendimiento de algodón semilla y la longitud de la raíz principal para la variedad (ST 5288-2Bf) bajo diferentes métodos de labranza.

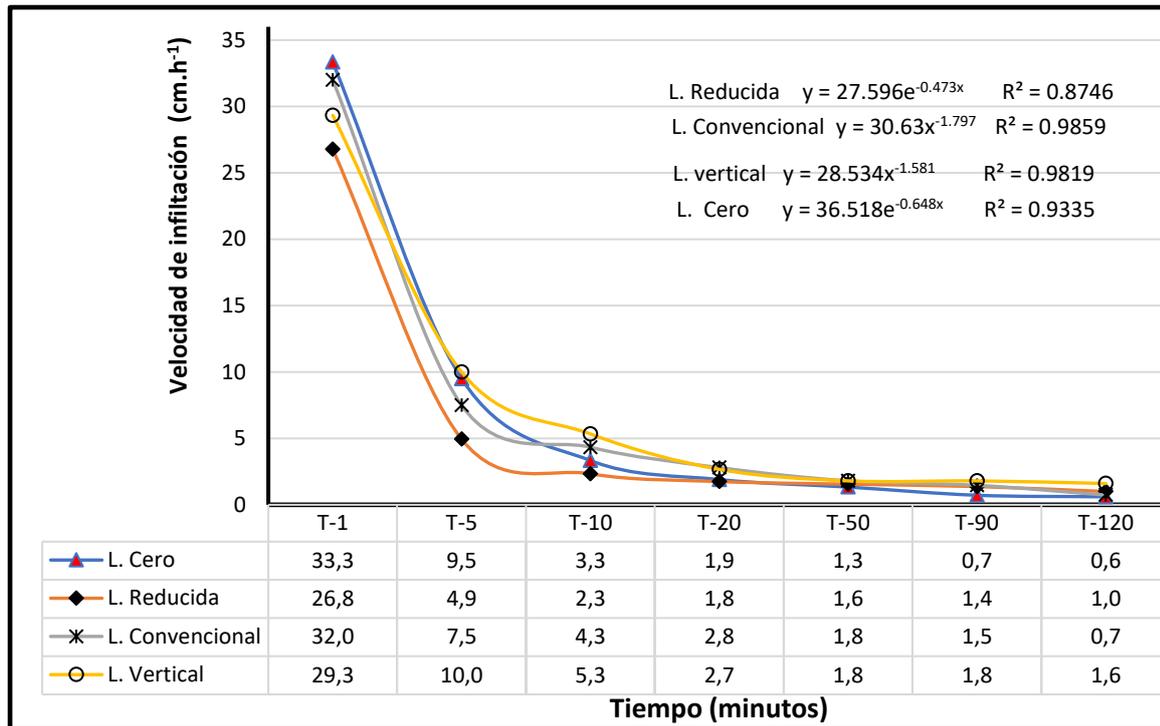


Fuente: Este estudio

La velocidad de infiltración del agua en el suelo es una de las variables más sensibles a los cambios generados por la mecanización y el uso en las áreas mecanizables como lo reporta Torres et al. (2006), así mismo, Aoki y Sereno (2006) reportan que la velocidad de infiltración tiende a incrementarse cuando mejoran las condiciones físicas del suelo. Los patrones de comportamientos de la velocidad de infiltración medidos en el campo para los diferentes tipos de labranza presentaron dos fases bien definidas, una primera fase en donde los valores de la velocidad de infiltración caen rápidamente y una segunda fase de estabilización final con valores constantes cercanos a cero, lo cual se logra a partir de los 50 minutos y hasta los 120 minutos de evaluación. No se presentaron diferencias estadísticas en esta propiedad el suelo.

No obstante, en esta investigación se evidenció que el tipo de labranza que presentó una mayor velocidad de infiltración en las primeras fases fue la labranza cero, lo cual pudo obedecer a que las condiciones del suelo que al no ser removido permiten tener continuidad de los poros y mejorar el flujo de agua, incrementando los valores de esta variable (Figura 11)

Figura 11. Velocidad de infiltración evaluada al final del ciclo en el sistema de rotación maíz –algodón CI Nataima 2017



Fuente: Este estudio

En la tabla 4 se presentan las propiedades químicas del suelo, evaluadas para el sistema de rotación algodón-maíz y a pesar de no presentar diferencias estadísticas significativas sí se observan algunas tendencias en las cuales la labranza reducida presentó el mayor promedio en el contenido de materia orgánica y de magnesio.

Tabla 4: Propiedades químicas y contenido de nutrientes del suelo evaluada para la rotación maíz- algodón bajo diferentes métodos de labranza

Métodos de labranza	pH	MO (%)	P ppm	S	Ca	Mg cmol ⁽⁺⁾ /kg	K	CICE
Labranza cero	6.56±0.092 a	1.11±0.082 a	36.12±5.071 a	2.44±0.461 a	2.19±0.383 a	0.68±0.148 a	0.19±0.021 a	3.06±0.524 a
Labranza reducida	6.61±0.333 a	1.33±0.062 a	40.14±13.861 a	2.04±0.129 a	2.61±0.461 a	0.75±0.181 a	0.18±0.031 a	2.87±0.792 a
Labranza convencional	6.81±0.107 a	1.05±0.122 a	43.39±8.156 a	1.88±0.339 a	2.12±0.121 a	0.63±0.066 a	0.16±0.006 a	2.91±0.191 a
Labranza vertical	6.72±0.183 a	1.09±0.225 a	31.43±8.202 a	1.82±0.731 a	2.08±0.476 a	0.63±0.111 a	0.15±0.025 a	2.86±0.601 a
CV%	2.83	9.27	11.37	24.51	11.31	10.83	11.05	20.81
Error estándar	0.0357	0.0113	18.455	0.2511	0.0647	0.0053	0.0004	0.367
R ²	0.13	0.58	0.78	0.012	0.59	0.66	0.43	0.0013

Fuente: Este estudio

En términos generales se considera que los métodos de labranza no afectaron los contenidos de nutrientes del suelo considerando que el cultivo recibió igual nivel de fertilización para todos los tratamientos de labranza.

CONCLUSIONES

Los métodos de labranza no evidenciaron influencia sobre las componentes del rendimiento en el cultivo del maíz.

La labranza reducida con levantamiento de caballones, permitió que las plantas de maíz presentaran mayor altura porque este método permite tener un mayor volumen de suelo suelto para que sea explorado por las raíces del cultivo.

En el cultivo de algodón la labranza reducida con la construcción de caballones influyó positivamente en las componentes del rendimiento alcanzando un promedio de producción de fibra que superaron hasta en un 43% a los otros métodos de labranza

El rendimiento en el cultivo de algodón presentó una relación directa con el porcentaje de fibra, los contenidos de humedad a capacidad de campo y la longitud de la raíz principal. En tanto que la producción, presentó una relación inversa con los valores de resistencia a la penetración del suelo lo cual constituye un impedimento mecánico para el crecimiento normal de las raíces afectando los rendimientos

La velocidad de infiltración al igual que en las propiedades químicas no fueron influenciadas por los diferentes métodos de labranza, probablemente por ser un periodo de evaluación muy corto (un año agrícola)

Recomendaciones

Se recomienda realizar estas investigaciones por lo menos durante tres ciclos de cultivo de cada especie, para logra evidenciar efectos sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

Agradecimientos.

La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia) agradece al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) por el apoyo financiero para el desarrollo del proyecto “Recomendaciones para el manejo de labranza en el sistema algodón-maíz, uso eficiente de agua en

arroz y manejo de nutrientes en algodón para el valle cálido del Alto Magdalena” del cual se obtuvo la información para realizar este artículo.

Gentil García auxiliar de investigación de Agrosavia por el apoyo y mística en la toma de información.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Altieri, M. A. 1983. Agroecology: the scientific basis for alternative agriculture.

Alvarez, C.G. 2005. Efecto de dos sistemas de labranza sobre la conservación de suelos y agua en un cultivo de arroz. Revista UDCA. Actualidad y divulgación científica.8(1). 33-43

Aoki A.M. y Sereno R. 2006. Evaluación de la infiltración como indicador de la calidad de suelo mediante un microsimulador de lluvias. Agrisciencia, 13 (1): 23-31.

Báez M.A., Aguirre M.J.F. 2011. Efecto de la Labranza de Conservación sobre las propiedades del suelo. Terra Latinoamericana, 29 (2): 113-121

Barracough P.B., Weir A.H. y Kuhlmann. H. 1991. Factors affecting growth and distribution of winter wheat roots under UK field conditions. In: McMichael B.I. y Persson, H. (Edit.), Plant roots and their environment. Proceedings of an ISSR symposium, 1988, Uppsala, Sweden. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Holanda, 410-417.

Bonilla R. y Murillo J. 1998. Desarrollo de sistemas de manejo para la recuperación de suelos compactados de los departamentos de la Guajira, Cesar y Magdalena. Memorias I. Encuentro Nacional de Labranza de Conservación. Editora Guadalupe Ltda, Villavicencio, p195-204.

Bonilla R. y Vanegas N. 1998. Efecto de sistemas de labranza sobre las propiedades físicas y producción del algodón en suelos compactados del valle del Cesar. Memorias I. Encuentro Nacional de Labranza de Conservación. Editora Guadalupe Ltda, Villavicencio, p205-206.

Conalgodón 2023. Departamento de estadísticas informes semanales Variación Indicadores del Sector Algodonero. Área, producción y rendimientos. conalgodon.com/estadísticas consultado en Nov. de 2017.

Emam Y., A. Salehi S. y Jalalí A.H. 2010. Water stress effects on two common bean cultivars with contrasting growth habits. American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 9: 495-499



- García, D., Cárdenas, J. & Silva, A. (2018). Evaluación de sistemas de labranza sobre propiedades físicoquímicas y microbiológicas en un inceptisol. *Rev.Cienc. Agr.* 35(1): 16-25.
doi:<https://dx.doi.org/10.22267/rcia.183501.79>.
- García J. 1991. Efectos del laboreo en algunas propiedades físicas de los suelos del valle medio del Sinú. *Revista Suelos Ecuatoriales* 21 (1): 51-54.
- García J. y Durán R. 1998. Evaluación de varios sistemas de labranza en un suelo algodónero del valle del Cesar. *Memorias I. Encuentro Nacional de Labranza de Conservación*. Editora Guadalupe Ltda, Villavicencio, p241-257.
- Grandet G. 2001. Evaluación de las propiedades físicas de los suelos de varias fincas agrícolas del Sinú medio. *Mineografiado*, p46.
- Herrera P. y Romero F. J. 1998. Avances en la evaluación comparativa a largo plazo de sistemas de labranza de conservación en rotación de cultivos bajo las condiciones del valle cálido del Alto Magdalena. En: *Memorias Encuentro Nacional de Labranza de Conservación*. Editores: Romero C., G.; Aristizabal Q., D. y Jaramillo S., C.A. Edit. Guadalupe. Villavicencio, Meta. Pp. 275-288.
- Heard J.R., Kladvko E.J., Mannering J.V. 1988. Soil macroporosity, hydraulic conductivity and air permeability of silty soil under long-term conservation tillage in Indiana. *SoilTill. Res.* 11: 1-18. Heard et al. 1988
- Holdridge L. 1967. *The Life Zone Ecology*, *Adansonia* VI: 2: 193:203
- InfoStat 2017. Di Rienzo J. A., Casanoves F., Balzarini M, G., González L., Tablada M., C.W. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat FCA, Universidad Nacional de Colombia, Argentina. URL <https://www.infostat.com.ar>
- (IGAC). 2006. Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). *Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos*, Sexta edición. Bogotá. Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2006. Imprenta Nacional de Colombia, 2006. 674 p.
- Lora, R.1998. Propiedades físicas y químicas del suelo. *Memorias I. Encuentro Nacional de Labranza de Conservación*. Editora Guadalupe Ltda, Villavicencio, p15-38.



- Martínez J., Sánchez C., Roveda G. y Arrieta A. 2003. Efecto de los sistemas de labranza sobre algunas propiedades hidro-físicas en un Endoaquept del sistema de producción maíz-algodón en el valle medio del Sinú. Memorias II. Encuentro Nacional de Labranza de Conservación, Villavicencio, p143-157.
- Materechera S.A., Alston A.M., Kirby J.M. y Dexter R.A. 1992. Influence of root diameter on the penetration of seminal roots into a compacted subsoil. *Plant and Soil*. 144 (2): 297-303.
- Narro, E. (1994). Física de suelos: con enfoque agrícola. México D.F, México: Trillas.
- Prieto, B., Peroza, J. A., & Grandet, G. (2010). Efecto de labranza y manejo de materiales orgánicos sobre algunas propiedades físicas y químicas de un vertic endoaquept del valle del Sinú, Córdoba Colombia. *Temas Agrarios*, Vol. 15:(2) 27 - 36.
- Pierroux K.M. y White I. 1988. Design for disc permeameters. *Soil Sci. Am. J.* 52. 1205-1215.
- Pitty A. 1997. Introducción a la biología, ecología y manejo de las malezas. Tegucigalpa, Honduras, Zamorano.300p.
- Sánchez-Blanco M.J. y Torrecillas A. 2008. Aspectos relacionados con la utilización de estrategias de riego deficitario controlado en cultivos leñosos, pp. 45–62, En: *Riego Deficitario Controlado. Fundamentos y Aplicaciones*, 188pp., Ed. Mundi Prensa, ISBN 84-7114590-1, España.
- Soane, B.D. y C. Van Ouwerkerk. 1994. Soil compaction problems in world agriculture. En: *Soil compaction in crop production*. Soane, B.D. y C. van Ouwerkerk (Edit). Amsterdam, Holanda, Elsevier Science. 2-21.
- Torres D. Florentino A. y López M. 2006. Indicadores e índices de calidad del suelo en un ultisol bajo diferentes prácticas de manejo conservación en Guárico Venezuela. *Revista Bioagro* 18 (2): 83-91
- USDA 2014. Soil Survey Staff. *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*. 2nd edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture.

