

Desempeño productivo de algodón en surco ultra-estrechos en suelos ácidos en Colombia

Luis Fernando Campuzano-Duque[§]

Mario Buenaventura-Baron

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Centro de Investigación La Libertad. Villavicencio, Meta, Colombia. (buenaventura@agrosavia.co).

[§]Autor para correspondencia: lcampuzano@agrosavia.co.

Resumen

Menegua es la primera variedad de algodón específicamente para suelos ácidos en Colombia con recomendación, además de incluir en el sistema de rotación maíz-soya, como estrategia para ampliar la frontera algodонера en la subregión ‘altillanura plana’. No obstante, su manejo agronómico en relación con la distancia de siembra requiere de un ajuste como una estrategia para mejorar la competitividad del algodón en términos de rendimiento, calidad y costos. El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del surco ultra-estricho en comparación con el convencional en el desempeño productivo y calidad del algodón en condiciones de un suelo ácido oxisol en la altillanura plana colombiana. Se realizó un experimento en Puerto Gaitán-Meta, durante el ciclo agrícola 2015B, se usó un diseño de bloques completos al azar con dos tratamientos correspondientes a distancias entre surcos en cm): T1= 0.4 y T2= 0.8 y cuatro repeticiones; se utilizó la variedad Menegua con adaptación específica para suelos ácidos y se determinaron variables productivas y de calidad de fibra. El cambio de la distancia convencional de 80 cm a 40 cm ocasionó incremento de 13.1% en la altura de la planta, reducción 29.2% en el número de motas planta⁻¹ y disminución 23.1% y 23.9% en el rendimiento de algodón semilla y rendimiento de algodón fibra, respectivamente, el porcentaje de extracción de fibra y su calidad no fue afectada. Se concluye que en la subregión ‘altillanura plana’ en un suelo ácido oxisol el surco ultra estrecho en comparación con el convencional afecto la variedad Menegua de manera negativa el comportamiento productivo sin detrimento de la calidad de la fibra en el algodón.

Palabras clave: *Gossypium hirsutum* L., altillanura plana colombiana, calidad de fibra, densidad de población, oxisoles y suelos ácidos.

Recibido: enero de 2020

Aceptado: febrero de 2020

Introducción

El algodón es producido en casi 100 países, pero solo un pequeño grupo concentra una gran proporción de la producción mundial (China, 27%; Estados Unidos de América, 18%; India, 11%; Pakistán, 9% y Brasil, 5%). Colombia ocupa el puesto 35 con una participación del 0.15% y es cultivado principalmente en tres departamentos: Córdoba, Tolima y Valle del Cauca, con 35, 27 y 12% respectivamente de la producción nacional. El rendimiento en $t\ ha^{-1}$ en el país aumentó en un 34%, al pasar de 1.5 en 1990 a 2.3 en 2016, aumento que lo ubica por encima del promedio mundial y de la Comunidad Andina de Naciones con 1.9 y 1.5 respectivamente (OCDE-FAO, 2016).

El programa de mejoramiento genético de Agrosavia en Colombia ha focalizado su objetivo en el desarrollo de variedades tipo Upland con adaptación en las regiones Caribe Húmedo, Caribe Seco y el Valle Cálido del Alto Magdalena (Burbano-Figueroa *et al.*, 2018) y para adaptación específica a en la subregión ‘altillanura plana’, del cual se obtuvo Menegua, que además de tener adaptación a las condiciones de acidez, puede ser usada como cultivo de rotación en el sistema maíz-soya (Campuzano *et al.*, 2015).

La subregión ‘altillanura plana’ se caracteriza por tener suelos ácidos del orden oxisol (Riveros, 1983), que para el caso del algodón presenta cuatro ventajas comparativas en relación con las actuales regiones productoras en Colombia: a) disponibilidad y buena distribución de precipitación durante las etapas fenológicas del algodón; b) 20% menos en los costos de producción por ser la única región con ausencia de picudo y la autorregulación de la altura de planta que permite omitir el uso de reguladores de crecimiento; c) regulación de la población de malezas que durante el ciclo maíz-soya ocasiona reducción en los costos de producción; y d) mayor exploración de nutrientes y agua en el perfil superior a los 10 cm por su sistema de raíz pivotante (Campuzano *et al.*, 2015).

No obstante, que el mejoramiento genético permitió obtener la variedad Menegua con atributos competitivos de rendimiento y calidad de fibra en las condiciones edafoclimáticas de la ‘altillanura plana’, existen otras estrategias para aprovechar el potencial productivo de esta variedad. Entre una de las prácticas culturales usadas para este fin, está la densidad de siembra con el uso del surco ultra estrecho que permite hacer eficiente los recursos disponibles en el desarrollo, crecimiento y producción del algodón (Langer *et al.*, 1987; Palomo-Gil *et al.*, 2003).

La modificación espacial en algodón, conocida como surco estrecho y ultra estrecho, fue presentada en 1920 (Perkins, 1998), concepto que promueve ventajas como la disminución en los costos de producción por la reducción de la labranza, cubrimiento rápido del suelo por el follaje (Jost y Cothren, 2001), reducción de la competencia por malezas (Perkins, 1998); aumento en la intercepción de luz; reducción de la evaporación del suelo Heitholt *et al.* (1994) e inducir la precocidad sin afectar el rendimiento y calidad de la fibra (Gaytán *et al.*, 2014).

Las dos variables del algodón afectadas de manera positiva y negativa por la distancia de siembra, en especial con el uso del surco ultra estrecho, son el rendimiento y la calidad de fibra (Langer, 1987; Nichols *et al.*, 2004; Estrada *et al.*, 2008). Reportes indican incrementos entre 5 y 11% en el rendimiento de algodón semilla y reducción de 7 a 10 días el ciclo del cultivo con el uso del surco ultra estrecho (Jost y Cothren, 2001; Cawley *et al.*, 2002; Nichols *et al.*, 2004; Vories *et al.*, 2006), en Argentina, se obtuvo incremento de 10 y 26% en el rendimiento con el uso de surcos ultra estrechos de 50 y 35 cm, respectivamente, sin afectar la calidad de la fibra (Estrada *et al.*, 2008).

En Colombia, la distancia de siembra recomendada para algodón es de 80 cm entre surcos con una población por metro lineal de seis plantas, que permite el establecimiento de 75 000 plantas ha⁻¹. No obstante, no existe aún estudios en el uso de los surcos ultra estrecho que permitan reconocer las bondades en condiciones de los suelos ácidos de la ‘altillanura plana’. Por esta razón, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del uso del surco ultra estrecho en el desempeño productivo y calidad de fibra de la variedad de algodón Menegua en condiciones de suelos ácidos.

Materiales y métodos

Localización y diseño experimental

Este experimento se realizó en el segundo semestre de 2015 en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, en el Centro de Investigaciones Taluma de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), localizado a 4° 22' 41" latitud norte 72°13'25" longitud oeste y una altitud de 330 msnm. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (DBCA) con dos tratamientos constituidos por dos distancias entre surcos 40 y 80 cm y cuatro repeticiones. El tratamiento de 40 cm es el conocido como ‘surco ultra estrecho’ y el de 80 cm la distancia de siembra convencional. La unidad experimental se constituyó de 10 surcos de 6 m de longitud con una densidad de población igual para los dos tratamientos de 75 000 plantas ha⁻¹.

Caracterización del clima asociado con la fenología del algodón

Se construyó una gráfica de precipitación-evapotranspiración durante el ciclo del cultivo (siembra a cosecha) y se registraron los datos de temperatura máxima, mínima y promedio. Se determinó el tiempo en días transcurridos y el índice térmico (IT) como las unidades de calor acumuladas en las fases de desarrollo vegetativo y reproductivo del algodón: 1) fase vegetativa (etapa de formación de raíces, tallo, hojas y ramas); 2) fase juvenil (etapa de crecimiento reproductivo con la aparición de los botones florales); 3) fase reproductiva temprana (aparición de botones, flores y capsulas); 4) fase reproductiva plena; 5) fase reproductiva final; y 6) fase de madurez y cosecha. El índice térmico o unidades de calor se calculó con base en la fórmula: $(T_{\text{máx}} + T_{\text{mín}})/2 - 15.5$.

Manejo agronómico

Para conocer el nivel de fertilidad del suelo y derivar la recomendación de fertilización, se tomaron muestras de suelo a tres profundidades en cm (0-10, 10-20, 20-30), con el propósito de determinar las características físicas: textura (método del hidrómetro o Bouyoucos) y químicas: pH (método potenciómetro); materia orgánica (%) (método de Walkley y Black); fósforo (mg kg⁻¹)(método Bray II); calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K), expresados en (cmol⁺ kg⁻¹) (extracción con acetato de amonio pH 7 y cuantificación por absorción atómica) y saturación de bases (%)(calculada mediante la fórmula $Ca + Mg + K/CIC$). Estos análisis se realizaron en el laboratorio de química de suelos, aguas y plantas de AGROSAVIA con la norma técnica de calidad NTC-2005.

Se aplicó una fertilización balanceada en kg ha⁻¹ de N (140), P (80), K (80), S (1.2), B (0.5), Cu (0.5), Si (3.4) y Zn (3), aplicados en diferentes épocas y fraccionados: a) en la siembra, se aplicó todo el fósforo, una tercera parte del potasio y todos los elementos menores junto con el sulcamag;

b) 15 días después de la emergencia (dde) del cultivo, se aplicó la tercera parte del potasio y 40% de la dosis de N; y c) la tercera aplicación con 30% de N y una tercera parte del potasio fue realizada a 30 dde y la cuarta fertilización se realizó a 45 dde previo a la floración 30% de N restante.

Evaluaciones agronómicas

Se determinaron las siguientes variables agronómicas, productivas y de calidad de fibra: 1) altura de la planta determinada en 20 plantas al azar, en el tallo principal, desde el nudo cotiledonal a la yema terminal de la planta y expresada en centímetros; 2) motas por planta, determinado en 20 plantas tomadas al azar y expresado en número; 3) rendimiento algodón-semilla (RAS), determinado mediante la sumatoria del peso de dos pases de la cosecha de ocho surcos, expresada en kg ha^{-1} de algodón semilla; 4) rendimiento de algodón-fibra, obtenido mediante el desmote del algodón-semilla y expresado en kg ha^{-1} ; y 5) extracción de fibra, determinada por la diferencia del peso total de la mota y el peso de semilla, expresada en porcentaje.

En cada unidad experimental se tomó una muestra de 50 g de algodón fibra para determinar: 6) micronaire, como una medida de la finura y madurez de la fibra con la clasificación: extra fina (valor menor a 3), fina (3-3.6), promedio (3.7-4.7), áspera (4.8-5.9) y muy áspera (mayor de 5,9); 7) longitud de fibra, como la longitud media de la mitad compuesta por fibras más largas, expresada en centésimas de pulgada con la siguiente clasificación: fibra extra corta, corta, media, larga y extra larga; y 8) índice de uniformidad de longitud de fibra, expresada en porcentaje y definida con la siguiente clasificación: uniformidad muy baja (menor de 77), baja (77 a 79.9), promedio (80 a 82.9), alta (83 a 85), y muy alta (mayor 85). Las variables de calidad de fibra se determinaron en el Laboratorio de Calidad de Fibras, Diagonal-Medellín ajustada a la Norma Técnica NTC 481-1.

Análisis estadístico

Con los datos de las ocho variables se realizó la prueba de verificación de los supuestos del análisis de varianza utilizando el procedimiento Proc Univariate y el análisis de varianza con el procedimiento Proc Anova de SAS, versión 9.3 (SAS, 2003) y la comparación de medias mediante la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

Resultados y discusión

Caracterización del ambiente: suelo y clima

El suelo del orden Oxisol, presenta una saturación de bases superior al 60% en los primeros 20 cm de profundidad del suelo asociado con un alto contenido de materia orgánica y fósforo. En la profundidad del suelo mayor a 20 cm, la saturación de bases no superó 20% con un contenido bajo de materia orgánica y fósforo. La condición de acidez de 5.8 y 5.6 en 10 y 20 cm, respectivamente, del suelo fueron favorables para el desarrollo radicular y del cultivo, de acuerdo con los requerimientos establecidos para el algodón de 6 a 7.5 (óptimo de 5.6) (FAO, 1994) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Características químicas del suelo en Puerto Gaitán, Colombia (AGROSAVIA, 2015).

| Profundidad (cm) | pH | Materia orgánica (%) | Fósforo (ppm) | Calcio (meq) | Magnesio (meq) | Potasio (meq) | Saturación bases (%) |
|------------------|-----|----------------------|---------------|--------------|----------------|---------------|----------------------|
| 0-10 | 5.8 | 2.4 | 36 | 1.4 | 0.2 | 0.2 | 81.4 |
| 10-20 | 5.6 | 2 | 14 | 0.8 | 0.1 | 0.1 | 67.2 |
| 20-30 | 4.9 | 1.2 | 2 | 0.2 | 0.1 | 0.1 | 20 |

Esta condición de suelo precedida con una rotación de maíz-soya de tres ciclos a la siembra del algodón permitió una condición favorable para la nutrición apropiada de la planta, uno de los indicadores fue el rendimiento reportado del maíz y soya que oscilaron entre 5.6 y 7.2 t ha⁻¹ y 1.9 a 2.1 t ha⁻¹, respectivamente (Campuzano *et al.*, 2015).

La subregión ‘altillanura plana’ presento condiciones edafoclimáticas favorables para el desarrollo vegetativo y reproductivo del algodón. La altitud de cultivo de 330 m se ajustó al requerimiento óptimo del algodón de 0-600 msnm (Robles, 1991; FAO, 1994) y la precipitación durante el ciclo del cultivo excedió de manera favorable a la evapotranspiración durante agosto, septiembre, octubre y la mitad de noviembre, con sincronía de fases fenológicas con alto requerimiento de agua (fase vegetativa, fase juvenil, reproductiva temprana y final) y la evapotranspiración excedió a la precipitación en las dos últimas semanas de noviembre y en los meses de diciembre y enero, condición favorable para la fase de maduración de la mota del algodón y cosecha (Figura 1).

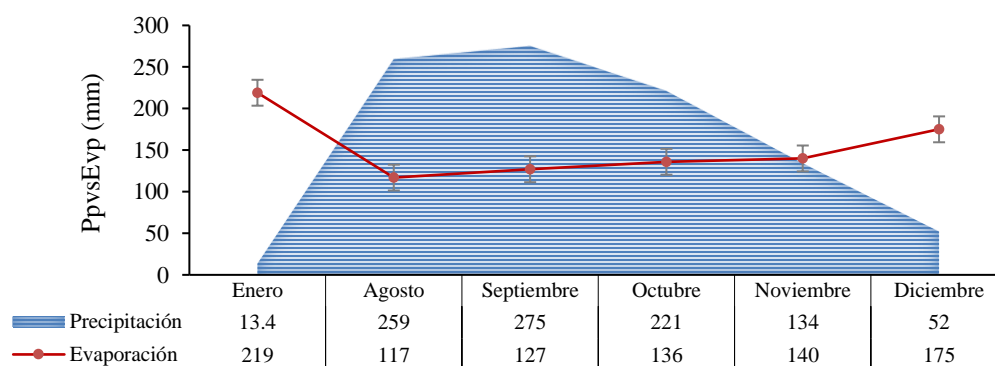


Figura 1. Precipitación y evapotranspiración durante el ciclo del cultivo del algodón Corpoica Menegua (siembra en agosto a cosecha en enero) en Puerto Gaitán (AGROSAVIA, 2015).

Durante el ciclo de cultivo se presentaron temperaturas máximas en °C de 30.2 a 31.8 en los estados vegetativo y cosecha, respectivamente, temperatura mínima en °C de 20.8 a 22.6 en los estados juvenil y cosecha, respectivamente y temperatura promedio en °C de 25.1 a 26.4 en estado vegetativo y cosecha, respectivamente, valores todos apropiados para el desarrollo vegetativo, apertura y maduración de bellotas (Figura 2) (Baradas, 1994).

La precipitación ocurrida de 700 mm en todos los estados vegetativos y reproductivos se satisfizo acorde con el requerimiento para algodón de 700 a 1 300 mm (Baradas, 1994) y no se presentaron precipitaciones en el periodo de desarrollo y maduración de bellotas. El número de días desde la siembra a cosecha fue de 140 días con un índice térmico de 1 845 apropiado para el crecimiento y desarrollo del algodón (Young *et al.*, 1980) (Cuadro 2).

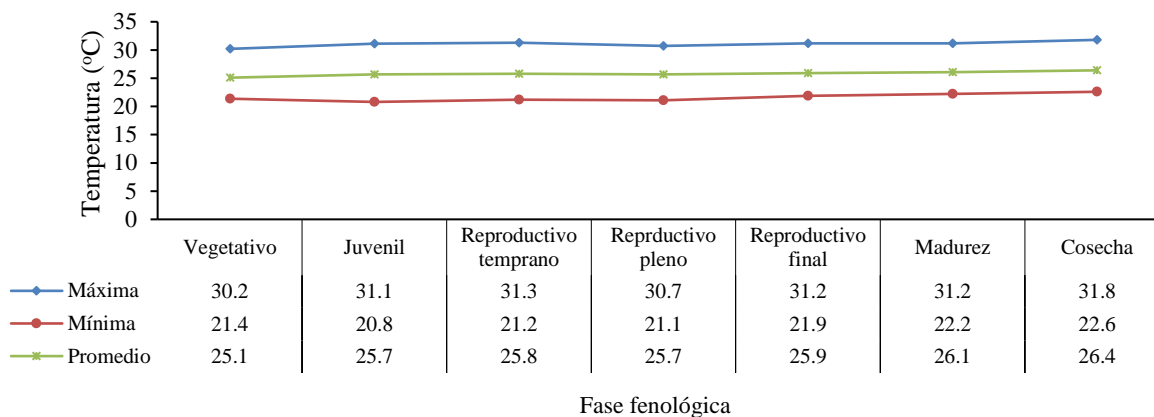


Figura 2. Temperatura máxima-mínima-promedio durante las etapas fenológicas vegetativa y reproductiva del algodón Corpoica Menegua. AGROSAVIA, 2015.

Cuadro 2. Precipitación (mm) ocurrida-requerida, número de días de siembra a cosecha e índice térmico de Corpoica Menegua en dos distancias de siembra. Taluma-Puerto Gaitán (AGROSAVIA, 2015).

| Factor clima | V | J | RT | RP | RF | M | C |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-------|-------|------|
| Precipitación ocurrida | 241 | 198 | 150 | 96 | 74 | 0 | 0 |
| Precipitación requerida | 226 | 178 | 141 | 87 | 68 | 0 | 0 |
| Días siembra a cosecha | 23 | 41 | 58 | 72 | 93 | 122 | 140 |
| Índice térmico | 278 | 646 | 856 | 998 | 1 263 | 1 684 | 1845 |

Estados fenológicos, V= vegetativo; J= juvenil; RT= reproductivo temprano; RP= reproductivo pleno.

Comportamiento productivo: altura de planta, motas planta⁻¹, rendimiento algodón semilla y fibra y extracción de fibra

Las variables de comportamiento productivo presentaron diferencias altamente significativas para mota/planta, rendimiento algodón semilla y fibra, significativa para altura de planta y no significativa para extracción de fibra. Los coeficientes de variación en todos los casos no superaron 10% lo que indica el buen grado de confiabilidad de los datos. La altura de planta, el número de motas por planta y el rendimiento de semilla y fibra presentaron promedios diferentes estadísticamente ($p \leq 0.05$) por efecto de la distancia de siembra. La menor altura de planta de 98.7 cm se presentó a 40 cm de distancia entre surcos, diferente estadísticamente ($p \leq 0.05$) a la obtenida con la distancia de 80 cm de 113.4 cm (Cuadro 3).

El número de motas por planta fue diferente estadísticamente ($p \leq 0.05$) y superior con la distancia de siembra de 80 cm (18.5) en relación con el surco estrecho de 40 cm (13.1). Igual situación se presentó con el rendimiento de algodón semilla y de fibra. La distancia de siembra convencional de 40 cm presentó un rendimiento de algodón semilla en kg ha⁻¹ de 2 832 y de semilla de 1 143 superior estadísticamente ($p \leq 0.05$) al observado con la distancia de surcos estrecho de 40 cm con un rendimiento de algodón semilla de 2 181 y de fibra de 869. El porcentaje de extracción de fibra no presentó diferencias estadísticas por efecto de la distancia entre surcos. La extracción de fibra a 40 cm fue de 40.4% igual estadísticamente ($p \leq 0.05$) al obtenido con la distancia entre surcos de 80 cm de 40.9% (Cuadro 3).

Cuadro 3. Altura de planta, motas por planta, rendimiento de algodón semilla, rendimiento de algodón fibra y extracción de fibra por efecto de dos distancias de siembra (AGROSAVIA, 2015).

| Distancia entre surcos (cm) | Altura planta (cm) | Motas planta ⁻¹ (núm.) | Rendimiento algodón semilla (kg ha ⁻¹) | Rendimiento algodón fibra (kg ha ⁻¹) | Extracción fibra (%) |
|-----------------------------|--------------------|-----------------------------------|--|--|----------------------|
| 40 | 113.4 b | 13.1 b | 2 181 b | 869 b | 40.4 a |
| 80 | 98.7 a | 18.5 a | 2 832 a | 1 143 a | 40.9 a |

Comportamiento calidad de fibra: micronaire, longitud de fibra e índice de uniformidad

El análisis de varianza no presentó diferencias estadísticas para micronaire, longitud de fibra e índice de uniformidad. Los coeficientes de variación en todos los casos no superaron 5% lo que indica el buen grado de confiabilidad de los datos. Micronaire presento valores iguales estadísticamente de 4.21 y 4.2 para la distancia de siembra de 40 y 80 cm. Similar situación se presentó para longitud de fibra con valores de 1.12 y 1.14 e índice de informidad de 82.10 y 81.91 para las distancias de siembra de 40 y 80 cm, respectivamente en cada variable (Cuadro 4).

Cuadro 4. Micronaire, longitud de fibra e índice de uniformidad de la variedad de Algodón Corpoica Menegua por efecto de dos distancias de siembra. AGROSAVIA, 2015.

| Distancia entre surcos (cm) | Micronaire (unidades) | Longitud de fibra (centésimas de pulgada) | Índice de uniformidad (%) |
|-----------------------------|-----------------------|---|---------------------------|
| 40 | 4.21 a | 1.12 a | 82.1 a |
| Calificación* | promedio | media-larga | promedio |
| 80 | 4.2 a | 1.14 a | 81.91 a |
| Calificación | promedio | media-larga | promedio |

*= Laboratorio Calidad Diagonal-Medellín.

El cambio de la distancia entre surcos en la variedad de algodón Menegua, de 80 a 40 cm presentó un incremento en porcentaje en la altura de la planta de 13.1% y una reducción significativa en el número de motas (29.2%), en el rendimiento de algodón semilla (23.1%) y en el rendimiento de algodón semilla (23.9%). El comportamiento de la altura de la planta de Menegua en condiciones de suelos ácidos en la altillanura plana colombiana, es un atributo deseable que fue reportado por Campuzano *et al.* (2015), lo que conlleva al no uso del regulador de crecimiento como un factor favorable en los costos de producción y sostenibilidad ambiental.

Este resultado no corresponde con lo reportado en por Nichols *et al.* (2004) quienes encontraron que la altura de planta disminuyó a medida que se acorta la distancia entre surcos. Es posible que esta situación se deba a las diferencias de tipo de planta que para el caso de Menegua es una variedad de porte bajo con estructura semi compacta (Campuzano *et al.*, 2015).

La menor altura de planta es una condición importante para el algodón en la altillanura ya que no permite el uso de hormonales para su control. Investigaciones similares en otras latitudes muestran que los surcos estrechos si presentan beneficios en la producción del algodón, diferente a lo obtenido en este estudio (Gerik *et al.*, 1998; Palomo-Gil *et al.*, 2003) sin afectación en la calidad de la fibra por efecto del surco ultra-estrecho. El porcentaje de extracción de fibra, así como

micronaire, longitud de fibra e índice de uniformidad no fueron afectadas por el surco ultra-estrecho. No obstante (Heitholt *et al.*, 1993; Gaytán *et al.*, 2004), indican lo contrario, con una reducción en la longitud y uniformidad de fibra por efecto del surco ultra-estrecho.

La discrepancia de estos resultados con el reporte de otros autores en relación con el mayor rendimiento del algodón con el surco convencional y la ausencia de diferencias en las variables micronaire, longitud de fibra e índice de uniformidad se podría relacionar con las condiciones de manejo del estudio en relación con nutrición y agua. Se conoce que los surcos ultraestremos tienen mayor requerimiento nutricional y de agua (Ramírez-Seañez *et al.*, 2012), es posible que estos factores no fueron satisfechos en el tratamiento de surco ultraestrecho durante el ciclo de cultivo, en relación con la longitud de fibra, la temperatura máxima como un factor del clima que afecta la longitud de la fibra, en las condiciones del estudio fueron apropiadas.

Conclusiones

El cambio de la distancia entre surcos en la variedad de algodón Menegua, de 80 cm como una distancia convencional a una distancia de surcos ultra estrecho de 40 cm tuvo efecto negativo en el desempeño productivo del algodón sin afectar la calidad de la fibra. En las condiciones de suelo y clima de Puerto Gaitán, Meta, se recomienda el uso de la distancia de siembra convencional de 80 cm para la variedad de algodón Menegua.

Los atributos del algodón observados en la altillanura de alto rendimiento, calidad (longitud de fibra de media a alta) y porcentaje de extracción de fibra (mayor del 40 %), altura de planta (menor de un metro) y ausencia del picudo (*Anthonomus grandis*), sumado a este resultado, el uso del surco convencional, representa una oportunidad para incorporar la cosecha mecánica, atributos que en su conjunto le confieren mayor competitividad y ventaja comparativa en relación con las regiones productoras del interior de Colombia.

Literatura citada

- Baradas, M. W. 1994. Crop requirements of tropical crops. *In: handbook of agricultural meteorology*. Griffiths, J. F. (Ed.). Oxford Univ. Press. New York. 189-202 pp.
- Burbano-Figueroa, O.; Montes-Mercado, K. S.; Pastrana-Vargas, I. J. y Cadena-Torres, J. 2018. Introducción y desarrollo de variedades de algodón Upland en el sistema productivo colombiano: una revisión. *Ciencia y Agricultura*. 15(1):29-44.
- Campuzano-Duque, L. F.; Caicedo-Guerrero, S. y Guevara-Agudelo, J. 2015. Determinación de atributos en genotipos de algodón (*Gossypium hirsutum* L.) en la rotación maíz-soya asociados a suelos ácidos mejorados de la altillanura colombiana. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropec*. 16(2):251-263.
- Cawley, N.; Edminsten, K.; Wells, R. and Stewart, A. 2002. Cotton physiology conference. *In: Proc. Beltwide Cotton Physiology Conference*. Atlanta GA. Natl. Cotton Council, Memphis TN, USA. 14 p.
- Estrada, O.; Palomino, A.; Espinoza, A.; Rodríguez, S. A. y Ruiz, N. A. 2008. Rendimiento y calidad de fibra del algodón cultivado en surcos ultra-estrecho. *Rev. Fitoc. Mex*. 31(3):79-83.

- FAO. 1994. ECOCROP 1. The adaptability level of the FAO crop environmental requirements database. Versión 1.0. AGLS. United Nations Food and Agriculture Organization (FAO). Rome, Italy. 16 p.
- Gaytán, M. A.; Palomo-Gil, A.; Reta-Sánchez, D. G.; Godoy-Ávila, S. y García-Castañeda, E. A. 2014. Respuesta del algodón *cv.* Cian Precoz 3 al espaciamiento entre surcos y densidad poblacional. I. Rendimiento, precocidad y calidad de fibra. *Rev. Int. Bot. Exp.* 53(1):57-67.
- Gerik, T. J.; Lemon, R. G.; Abrameit, A.; Valco, T. D.; Steglich, E. M.; Cothren, J. T. and Pigg, J. 1998. Using ultra-narrow rows to increase cotton production. *In: Dugger, P. y Richter, D. A. (Eds.). Proc. Beltwide Cotton Conf., San Antonio, TX. Natl. Cotton Council of America. Memphis, TN, USA. 653 p.*
- Heitholt, J. J. 1994. Canopy characteristics associated with deficient and excessive cotton plant population densities. *Crop Sci.* 34(4):1291-1297.
- Jost, P. H. and Cothren, J. T. 2001. Phenotypic alterations and crop maturity differences in ultra-narrow row and conventionally spaced cotton. *Crop Sci.* 41(4):1150-1159.
- Langer, M. R. D.; Hill, G. D.; Mason, K.; Núñez, J. A. y Medina, M. 1987. Plantas de interés agrícola. Introducción a la botánica agrícola. Editorial Acriba, SA. Zaragoza, España. 386 p.
- Nichols, S. P.; Snipes, C. E. and Jones, M. A. 2004. Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar. *J. Cotton Sci.* 8(1):1-12.
- OCDE-FAO. 2016. Perspectivas agrícolas 2017-2016. <http://dx.doi.org/10.1787/888933576945>.
- Palomo-Gil, A.; Gaytán-Mascorro, A. y Godoy-Ávila, S. 2003. Rendimiento, componentes del rendimiento y calidad de fibra del algodón en relación con la dosis de nitrógeno y la densidad poblacional. *Rev. Fitotec. Mex.* 26(3):167-171.
- Perkins, W. R. 1998. Three-year overview of UNRC vs. conventional cotton. *In: Dugger, P. and Richter, D. (Ed.). Proc. Beltwide Cotton Conf. Nashville, TN. Natl. Cotton Council, Memphis, TN, USA. 91 p.*
- Ramírez-Seañez, A. R.; Contreras-Martínez, J. G.; Palomo-Gil, A.; Álvarez-Reyna, V.; Rodríguez-Herrera, S. A. y García-Carrillo, M. 2012. Producción de biomasa de algodón en surcos ultra-estrechos y densidad poblacional. *Agron. Mesoam.* 23(2):259-267.
- Riveros, S. 1983. La Orinoquía colombiana. *Bol. Soc. Geográf. Colomb.* 118(33):1-9.
- Robles, S. R. 1991. Producción de oleaginosas y textiles. Editorial Limusa. México, DF. 675 p.
- SAS. User's guide Version 9.3. Institute Inc. 2003. Cary, NC, USA.
- Vories, E. D. and Glover, R. E. 2006. Comparison of growth and yield components of conventional and ultra-narrow row cotton. *J. Cotton Sci.* 10(3):235-243.
- Young, E. F.; Taylor, R. and Petersen, H. D. 1980. Day-degree units and time in relation to vegetative development and fruiting for three cultivars of cotton. *Crop Sci.* 20(3):370-374.