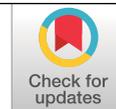


PRODUCCIÓN DE CAFÉ VARIEDAD CASTILLO® EN ALTAS DENSIDADES DE SIEMBRA CON UNO Y DOS TALLOS POR SITIO

José Raúl Rendón Sáenz *

Rendón, J. R. (2021). Producción de café variedad Castillo® en altas densidades de siembra con uno y dos tallos por sitio. *Revista Cenicafé*, 72(1), e72106. <https://doi.org/10.38141/10778/72106>



La densidad de siembra, entre las prácticas de manejo del cultivo de café, es uno de los factores más determinantes de la productividad, seguida por la nutrición y la edad. Bajo las condiciones actuales de la caficultura en Colombia, aumentar el promedio de plantas por hectárea para promover una mayor productividad es una meta nacional, no obstante, algunos caficultores han superado la máxima densidad de 10.000 plantas/ha. Con el propósito de conocer la respuesta a esta práctica, en la Estación Experimental La Catalina, ubicada en el municipio de Pereira (Risaralda), entre los años 2015 y 2019, se evaluaron seis densidades de población de tallos por hectárea (tratamientos), en plantas de café variedad Castillo®, bajo tres arreglos espaciales con uno y dos tallos por sitio, en un diseño completamente aleatorio. El análisis de la producción de la primera cosecha y el acumulado de dos, tres y cuatro cosechas, no mostró diferencias estadísticas según prueba F al 5%, al comparar uno y dos tallos por sitio, con las poblaciones conformadas entre 7.407 y 14.815 tallos/ha, 10.000 y 20.000 tallos/ha, 11.111 y 22.222 tallos/ha, respectivamente. De acuerdo con los resultados, en plantaciones de café variedad Castillo®, al superar las 10.000 plantas o tallos/ha, la competencia intraespecífica ocasionada por una excesiva población, compromete la estabilidad de la producción y dificulta el manejo del cultivo. En consecuencia, en variedad Castillo® la mayor densidad de siembra recomendada es de máximo 10.000 plantas o tallos/ha.

Palabras clave: Arreglo espacial, competencia entre plantas, ciclos de producción, tallos por sitio.

COFFEE PRODUCTION OF THE CASTILLO® VARIETY AT HIGH PLANTING DENSITIES WITH ONE AND TWO STEMS PER SITE

Planting density, among all other coffee cultivation management practices, is the most determinant factor for productivity, followed by nutrition and plant age. Under the current conditions of coffee cultivation in Colombia, to increase the average number of plants per hectare to promote higher productivity is a national goal. However, some coffee farmers have exceeded the maximum density of 10,000 plants per hectare. In order to know the response to this practice, at La Catalina Experiment Station, located in the Pereira municipality (Risaralda department), between 2015 and 2019, six stem population densities (treatments) were evaluated in Castillo® variety plants, under three spatial arrangements with one and two stems per site, in a completely randomized design. The analysis of yield of the first harvest and the aggregate of two, three and four harvests did not show statistical differences, according to the F test at 5%, when comparing one and two stems per site, comparing populations of 7,407 and 14,815 stems/ha, 10,000 and 20,000 stems/ha, and 11,111 and 22,000 stems/ha, respectively. According to these results when coffee plantations of the Castillo® variety exceed 10,000 plants or stems per hectare, intraspecific competition caused by an excessive population compromises yield stability and makes crop management difficult. Consequently, the highest planting density recommended for the Castillo® variety should not exceed 10,000 plants or stems/ha.

Keywords: Spatial arrangement, plant competition, production cycles, stems per site.

* Investigador Científico I. Disciplina de Fitotecnia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. <https://orcid.org/0000-0002-5676-4670>



La elección de la densidad de siembra y el arreglo espacial son las primeras etapas que se definen para implantar un sistema de producción agrícola, este es el punto de partida con el que se estiman la cantidad de semillas y la necesidad de material vegetal para el establecimiento. La densidad de siembra es considerada, entre todas las prácticas de manejo del cultivo de café, uno de los factores más determinantes de la productividad (Araque & Duque, 2019), de allí radica la importancia de los estudios que vinculan esta variable con otros componentes del sistema como la variedad, la edad, la nutrición y la oferta ambiental.

Investigaciones sobre densidades de siembra en café con variedades desarrolladas por Cenicafé han demostrado los mayores rendimientos en genotipos de porte bajo, con poblaciones de hasta 10.000 plantas/ha (Rendón & Duque, 2017) y en genotipos de porte alto con 5.000 plantas/ha (Farfán et al., 2016). Bajo sistemas agroforestales establecidos con variedades de café de porte intermedio y bajo, las máximas producciones se han obtenido con densidades de siembra entre 8.000 y 10.000 plantas/ha (Farfán & Sánchez, 2016). Con las recientes variedades Cenicafé 1 y Castillo® zonales, las características de arquitectura y el porte del árbol facilitan el establecimiento de altas densidades de siembra (Flórez et al., 2016).

En la caficultura colombiana, el aumento en el número promedio de plantas por hectárea es una prioridad para promover mayor grado de tecnificación y competitividad. Las condiciones agroecológicas de un amplio rango del área cultivada actualmente presentan potencial para incrementar las densidades de siembra por encima de 5.000 plantas/ha. En este contexto, la adopción de altas densidades de siembra presenta ventajas asociadas con un mejor aprovechamiento del agua y los nutrientes,

menor efecto de altas temperaturas y una mayor productividad, en concordancia con una reducción en la duración de los ciclos de producción (Giomo et al., 2009).

En el cultivo de café, las altas densidades de siembra contribuyen a un mejor reciclaje de nutrientes y una menor pérdida por erosión (Augusto et al., 2007). La mayor cobertura del terreno, a partir de un adecuado número de plantas, disminuye el período de interferencia ejercida por las arvenses, promueve la reducción de los costos y el aprovechamiento más eficiente de las áreas de cultivo (Arcila et al., 2007; Andrade et al., 2014).

Para aumentar la densidad de siembra y reducir los costos de establecimiento, la práctica de eliminación de la yema terminal en plantas de almácigo (descope), es una alternativa que permite inducir la formación de dos tallos por planta y aumentar la densidad de población por hectárea, sin incrementar el número de sitios sembrados (Duque, 2004); esta práctica conlleva a un ajuste en las distancias de siembra del cultivo y corresponde a una de las opciones de obtención de las poblaciones de tallos en esta investigación. Mestre & Arboleda, (1999) con base en el aumento del número de tallos por sitio en variedad Colombia, encontraron una mayor producción al dejar dos tallos por sitio, con poblaciones de 5.000 plantas por hectárea, mientras que cuando se establecieron poblaciones de 7.500 y 10.000 plantas no se encontraron diferencias entre uno y dos tallos por sitio.

Una forma de determinar la conveniencia de las prácticas de manejo agronómico en los cultivos es a través del análisis de óptimos biológicos y económicos. El óptimo biológico para la densidad de plantas de café puede definirse por medio de una curva de respuesta con la cual se alcanza la máxima producción, luego la curva de producción muestra un

punto de inversión; en variedad Caturra este óptimo se estima en 11.033 plantas/ha, sin embargo el óptimo económico estimado se encuentra entre 9.404 y 9.852 plantas/ha (Arcila et al., 2007).

Otro factor importante que involucra la densidad de siembra es la duración de los ciclos de producción, la cual puede determinarse a través del análisis de elasticidad de la producción; este tipo de análisis mide el grado de respuesta entre el insumo (tiempo) y el producto (arobas de café pergamino seco) conservando las demás variables de manejo constantes (Duque, 2004). Con el aumento de la edad en altas poblaciones de plantas por hectárea, se ha demostrado mayor competencia intraespecífica en cortos períodos de tiempo, en los que la elasticidad es igual a cero y se hace necesario la renovación para recuperar la productividad de los cultivos.

Con base en la estrategia de implantar altas densidades de siembra en café, algunos agricultores de la zona central cafetera de Colombia han implementado poblaciones superiores a 10.000 plantas/ha, a través del establecimiento de colinos descopados, con la premisa de obtener ciclos de producción de máximo tres cosechas, lo cual implica una mayor frecuencia en la renovación de las plantaciones, con posibles efectos sobre la producción acumulada y el incremento de los costos. En procura de ampliar la

información sobre estas prácticas y orientar a los caficultores en las decisiones de manejo de las densidades de población del cultivo, se evaluó el efecto de la densidad de siembra y el arreglo espacial sobre la producción de sistemas establecidos con variedad Castillo® y altas poblaciones de tallos obtenidas con uno y dos tallos por sitio.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Estación Experimental La Catalina, ubicada en el municipio de Pereira (Risaralda), a 4°45' latitud N, 75°44' longitud W, con los valores históricos de clima descritos en la Tabla 1 y características de suelos pertenecientes a la unidad cartográfica Chinchiná. Entre los años 2015 y 2019 se evaluaron seis densidades de población de tallos por hectárea (tratamientos), con plantas de café variedad Castillo®, en tres arreglos espaciales (Tabla 2).

Las parcelas experimentales (unidad experimental) fueron asignadas aleatoriamente a los tratamientos, bajo un diseño completamente aleatorio, con cinco repeticiones y un área de 132 m² por parcela. Para alcanzar el número de tallos por hectárea con los respectivos arreglos espaciales, se establecieron colinos de café con un solo tallo por sitio en los tratamientos 1, 2 y 3, y colinos descopados con dos tallos por sitio en los tratamientos 4, 5 y 6 (Tabla 2).

Tabla 1. Principales variables de clima de la Estación Experimental La Catalina.

Altitud	Temperatura (°C)			Humedad relativa (%)	Brillo solar anual (horas)	Precipitación anual acumulada (mm)
	Mínima	Máxima	Media			
1.321	17,4	27,3	21,6	78,0	1.621	2.270

Fuente: Datos históricos plataforma agroclimática, Cenicafé.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos con las densidades de población evaluadas.

Tratamiento	Arreglo (m)	Número de sitios/ha	Número de tallos/ha
1	0,6 x 1,5	11.111	11.111
2	0,5 x 2,0	10.000	10.000
3	0,9 x 1,5	7.407	7.407
4	0,6 x 1,5	11.111	22.222
5	0,5 x 2,0	10.000	20.000
6	0,9 x 1,5	7.407	14.815

El manejo agronómico del cultivo se basó en la implementación de prácticas integradas para el control de arvenses, plagas y enfermedades. La nutrición se hizo según las recomendaciones del análisis de fertilidad del suelo; para la etapa de levante con dosis determinadas por planta, y a partir del inicio de la etapa reproductiva, con la cantidad de fertilizante recomendada por hectárea.

Como variables de respuesta se registró la producción por parcela, en kilogramos de café cereza por año, y la acumulada durante un ciclo de cuatro cosechas (cuatro años de producción). Como variable complementaria se registró el número de cruces por planta en cada una de las unidades experimentales, sobre una muestra de diez plantas centrales, durante dos años de producción.

Análisis de la información

Se estimó el promedio y el error estándar por tratamiento, con las variables de respuesta y complementaria. Se aplicó el análisis de varianza bajo el diseño completamente aleatorio y se evaluaron los contrastes descritos en la Tabla 3, a través de la prueba F al 5% de probabilidad, con la producción acumulada en kilogramos de café cereza. Los contrastes corresponden al

arreglo espacial con uno y dos tallos por sitio; el primer grupo lo conformaron las poblaciones de tallos obtenidas en el arreglo 0,9 x 1,5 m (7.407 y 14.815 tallos/ha), el segundo grupo con las poblaciones de tallos obtenidas en el arreglo 0,5 x 2,0 m (10.000 y 20.000 tallos/ha) y el tercero con las poblaciones de tallos del arreglo 0,6 x 1,5 m (11.111 y 22.222 tallos/ha) (Tabla 2). El análisis estadístico se realizó a través del programa SAS (*Statistical Analysis Software*) versión 9.4 TS Level 1M5 (SAS Institute inc, 2016).

Tabla 3. Descripción de los contrastes para el análisis de las poblaciones con uno y dos tallos por sitio.

Tratamiento		Tratamiento
1	Vs.	4
2	Vs.	5
3	Vs.	6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Producción anual

Las condiciones de clima predominantes con la ocurrencia del evento El Niño en el año 2016, provocaron períodos de déficit hídrico

(Figura 1), favorables para el desarrollo de floraciones en el cultivo de café durante el primer semestre, por consiguiente, la cosecha registrada durante el segundo semestre del mismo año representó un alto volumen de producción en la región. El inicio de la primera cosecha del lote experimental coincidió con este período, alcanzando el máximo promedio anual de café cereza por parcela con un valor de 392,9 kg (Figura 2).

La producción obtenida en el año 2017 alcanzó un máximo promedio de 300,1 kg de café cereza por parcela, un menor volumen comparado con el año anterior (Figura 2). Este evento fue atípico comparado con el patrón normal de cosechas en el ciclo de producción del cultivo, ya que, en términos generales, la segunda cosecha es de mayor volumen en relación con la primera, no obstante, por haberse registrado una cosecha de gran magnitud el año anterior, debido a las condiciones de clima, este comportamiento cambió.

La producción anual registrada con las diferentes poblaciones de tallos, según el

análisis de varianza, sólo mostró diferencias significativas para la cosecha registrada en el año 2018, $Pr > F 0,0339$ con un máximo promedio de producción de 313,5 kg de café cereza por parcela. En general, la cuarta cosecha evaluada en el ciclo mostró la disminución de la producción en todos los tratamientos, con un máximo promedio de 251,6 kg de café cereza por parcela (Figura 2).

Producción acumulada

Para el análisis de la producción obtenida en cada sistema de siembra, se comparó el acumulado de una, dos, tres y cuatro cosechas, de manera independiente. Las densidades de población de 7.407 y 14.815 tallos/ha, según el arreglo espacial 0,9 x 1,5 m con uno y dos tallos por sitio, respectivamente, mostraron producciones iguales en la primera cosecha y en el acumulado de dos, tres y cuatro cosechas evaluadas en el ciclo (Tabla 4).

Este mismo comportamiento fue identificado entre las densidades de población de 10.000 y 20.000 tallos/ha, según el arreglo espacial

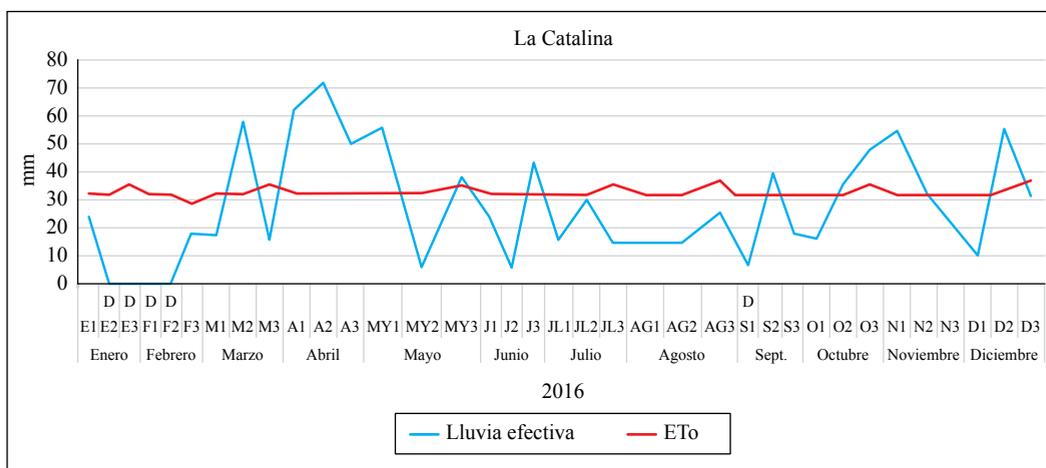


Figura 1. Balance hídrico en la Estación La Catalina, período enero-diciembre 2016. La letra D en el eje x indica los períodos decadales en que se presentó déficit hídrico.

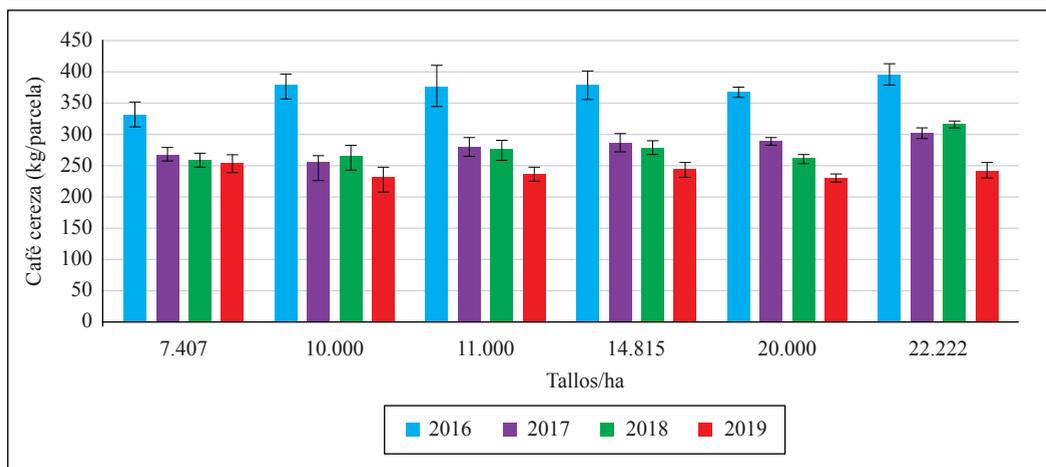


Figura 2. Producción anual de café cereza por parcela, en kilogramos, las barras sobre cada columna (error estándar) indican la variación de los promedios.

0,5 x 2,0 m con uno y dos tallos por sitio, respectivamente, y al comparar la producción obtenida con las poblaciones de 11.111 y 22.222 tallos/ha, según el arreglo espacial 0,6 x 1,5 m con uno y dos tallos por sitio, respectivamente (Tabla 4).

Bajo las condiciones agroecológicas del lugar de estudio, el incremento en el número de tallos por sitio, con poblaciones que superaron los 10.000 tallos/ha, acarrió dificultades en la administración del cultivo, especialmente en la cosecha. Es así como, un elevado número de plantas o tallos por unidad de área asociado a la reducción de las distancias de siembra, tiene efectos sobre el crecimiento y la arquitectura de las plantas (Pereira et al., 2011), presentándose alargamiento de los entrenudos del tallo, autosombreamiento y reducción de la capacidad productiva de la planta. Según Andrade et al. (2014), en arreglos espaciales rectangulares, cuando las ramas de las plantas de café se traslapan con las plantas dentro del surco, se presenta una tendencia a ocupar el espacio disponible entre los surcos, condición que finalmente dificulta la labor de recolección, con el aumento de la edad del cultivo.

Con densidades superiores a 10.000 tallos por hectárea, las labores de manejo de plagas como la broca del café aumentan los costos; una de las razones es la difícil circulación de los recolectores entre los surcos para hacer la cosecha, en consecuencia, los frutos maduros y secos que quedan en el árbol o caen al suelo son infestados y aumentan las poblaciones del insecto y su dispersión. Durante el tiempo en que se llevó a cabo este experimento, los máximos niveles de infestación registrados en periodos críticos con estas poblaciones fueron del orden del 7%, en el año 2018.

La variedad Castillo® se caracteriza por tener un tipo de crecimiento intermedio de los árboles. Bajo los arreglos espaciales evaluados, las poblaciones establecidas con uno y dos tallos por sitio, según el análisis estadístico, indican que, a partir de 7.407 sitios por hectárea no es viable establecer más de un tallo por sitio. Esta respuesta radica en la influencia que tiene el aumento del número de ejes por sitio sobre la producción de cada tallo, cuando estos comparten el mismo espacio de una planta individual; resultados similares a los obtenidos en este estudio se presentan con

Tabla 4. Promedio y error estándar para la producción acumulada de café cereza (cc) en kilogramos por parcela, según el arreglo espacial.

Producción acumulada (kg de cc/ parcela)	Arreglo espacial (0,9 x 1,5 m)		Arreglo espacial (0,5 x 2,0 m)		Arreglo espacial (0,6 x 1,5 m)							
	Promedio	EE	Promedio	EE	Promedio	EE						
Una cosecha	328,9 a	19,4	376,8 a	22,6	376,5 a	16,4	364,5 a	7,8	373,7 a	32,6	392,9 a	16,3
Pr > F	0,1143		0,6821		0,5152							
Dos cosechas	594,9 a	22,1	660,7 a	35	629,5 a	20,1	651,4 a	7,3	651,6 a	35,2	693,0 a	20,9
Pr > F	0,0789		0,5466		0,2588							
Tres cosechas	851,5 a	25,9	936,3 a	34,1	891,6 a	33,2	910,5 a	10,5	924,8 a	38,2	1.006,6 a	19,0
Pr > F	0,0462		0,6424		0,0534							
Cuatro cosechas	1.103,3 a	28,4	1.178,0 a	34,2	1.122,7 a	42,3	1.138,9 a	14,6	1.158,5 a	46,5	1.246,4 a	10,6
Pr > F	0,1157		0,7262		0,0667							

Letras distintas indican diferencias entre tratamientos según prueba F al 5%.

el establecimiento de dos plantas de café por sitio (Paulo et al., 2005).

Entre los diferentes sistemas de obtención del número de plantas por hectárea, los colinos descopados se han considerado una opción para reducir los costos de establecimiento cuando el número de sitios por hectárea es aproximadamente igual a 5.000 (Duque et al., 2003); es decir, hasta obtener un máximo de 10.000 tallos/ha. De acuerdo con los resultados del presente estudio, si el número de sitios por hectárea es superior a 7.407 y se establece con colinos descopados, la población de tallos final (14.814) no garantiza incrementos significativos en la producción a favor de esta práctica, por el contrario, esta decisión puede afectar la duración de los ciclos de producción y conduce a la planificación de renovaciones más frecuentes por la acentuada disminución de la capacidad productiva de las plantas (Toledo & Barros, 1999).

Crecimiento de las plantas de café

El crecimiento de las plantas de café se caracteriza por presentar, después del primer año de edad, estructuras de crecimiento vegetativo y reproductivo de manera simultánea, donde cada par de ramas primarias desarrolladas en el tallo conforman una cruz. El número de cruces formadas en las poblaciones establecidas con uno y dos tallos por sitio, en el arreglo espacial 0,9 x 1,5 m con 14.815 tallos/ha, obtenidos en 7.407 sitios (Figura 3), presentó 14,3 cruces (pares de ramas) más que las registradas con 7.407 tallos/ha, a los 18 meses de edad; luego de dos años la mayor población fue superior en 28,3 cruces. En términos de tasa de crecimiento absoluto se registraron valores de 1,77 y 0,99 cruces por mes para 14.815 y 7.407 tallos/ha, respectivamente.

La densidad de población de 20.000 tallos/ha obtenida en 10.000 sitios, bajo un arreglo

espacial de 0,5 x 2,0 m, a los 18 meses de edad, registró 17,2 cruces más que las registradas con 10.000 tallos/ha; luego de dos años en el mismo orden, esta variable fue superior en 31,8 cruces. Las tasas de crecimiento absoluto para estas poblaciones fueron 1,57 y 0,76 cruces por mes, para 20.000 y 10.00 tallos/ha, respectivamente (Figura 4).

Bajo el arreglo espacial de 0,6 x 1,5 m (Figura 5), la población de 22.222 tallos/ha obtenida en 11.111 sitios, registró 16,1 cruces más que las registradas con 11.111 tallos/ha, a los 18 meses de edad; luego de dos años esta variable fue superior en 23,5 cruces con la mayor población. Las tasas de crecimiento absoluto fueron de 1,34 y 0,92 cruces por mes, con 22.222 y 11.111 tallos/ha, respectivamente.

El crecimiento de las plantas de café con las mayores poblaciones de tallos evaluadas en este estudio, a partir de los tres años de edad del cultivo, mostró un deterioro de las ramas bajas con la progresiva pérdida de área foliar en este estrato del árbol. Frente a este aspecto Andrade et al. (2014) determinaron una mayor concentración de ramas productivas en el tercio superior de la planta, con pérdida de ramas en el tercio inferior de la planta, al establecer densidades de siembra superiores a 10.000 plantas/ha. Además, cuando las altas densidades de siembra se obtienen con distancias muy cortas entre plantas, puede presentarse también una mayor altura de las plantas y un mayor número de ramas (Carvalho et al., 2006).

Al considerar el número potencial de ramas y nudos formados en cada planta con dos tallos por sitio, podría esperarse un mayor número de nudos productivos, sin embargo, debido al efecto del auto sombreado y una menor longitud de las ramas que se traslapan entre los dos tallos, este número de

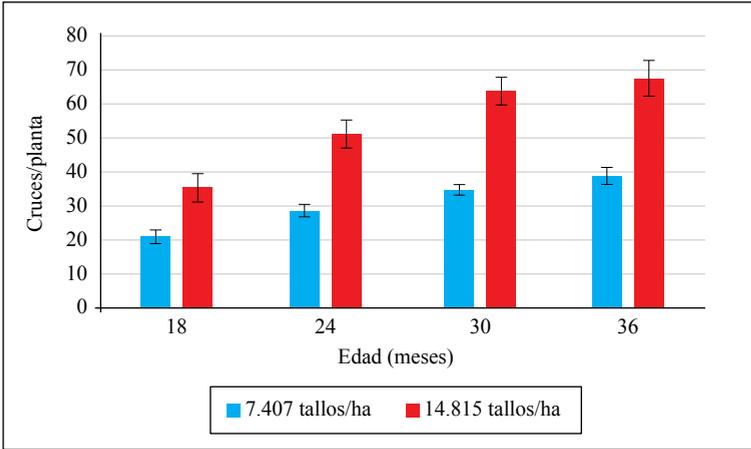


Figura 3. Número de cruces por planta con poblaciones de 7.407 y 14.815 tallos/ha, las barras sobre cada columna (error estándar) indican la variación de los promedios.

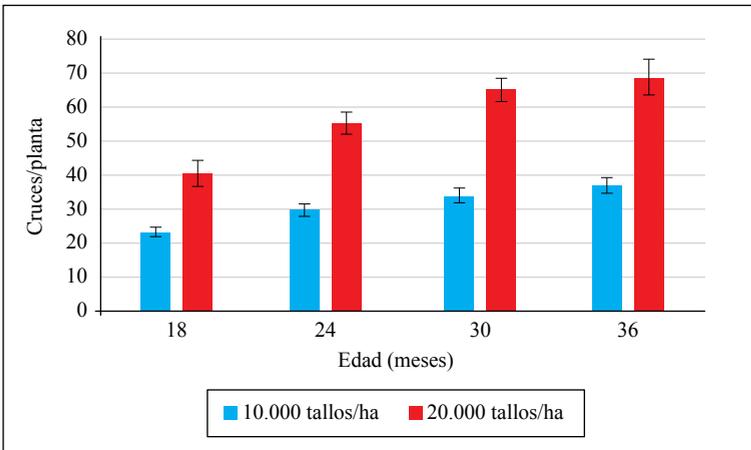


Figura 4. Número de cruces por planta con poblaciones de 10.000 y 20.000 tallos/ha, las barras sobre cada columna (error estándar) indican la variación de los promedios.

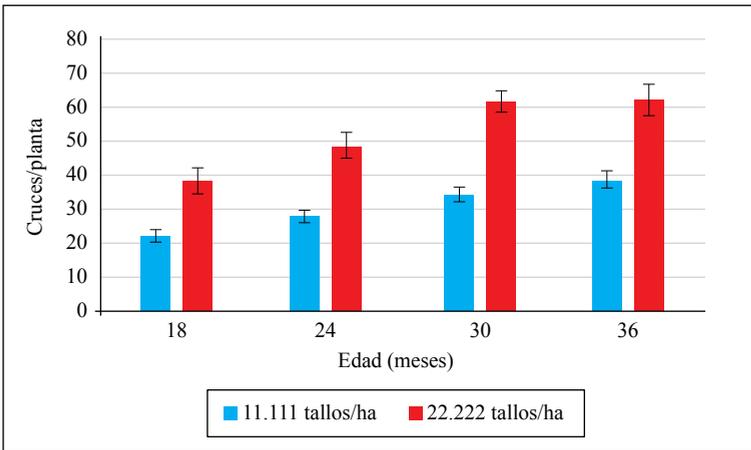


Figura 5. Número de cruces por planta con poblaciones de 11.111 y 22.222 tallos/ha, las barras sobre cada columna (error estándar) indican la variación de los promedios.

nudos puede verse afectado. De acuerdo con la variable número de cruces, el crecimiento del árbol de café después de un determinado número de plantas o tallos/ha y en función de la edad, muestra el efecto acentuado de la competencia, esta es una respuesta que puede relacionarse con alteraciones fisiológicas en el comportamiento de las plantas, causadas por una excesiva densidad de siembra (Martínez et al., 2007).

En relación con los arreglos espaciales, una planta de café a libre crecimiento y bajo un adecuado manejo agronómico, durante la etapa de crecimiento vegetativo y en los primeros dos o tres años de vida, no presenta diferencias importantes en variables como el número de cruces o ramas por tallo (Pereira et al., 2007). Posterior al registro de una segunda cosecha, un menor distanciamiento entre plantas o entre surcos, con altas densidades de siembra, se asocia con la pérdida de ramas bajas y con el aumento de la altura del árbol; por el contrario, un mayor distanciamiento entre

plantas o entre surcos, con bajas densidades, influye negativamente sobre la productividad (Pereira et al., 2013).

Según lo encontrado en esta investigación, con la variedad Castillo®, la población no debe superar los 10.000 de tallos por hectárea, una excesiva población de plantas o tallos compromete la estabilidad de la producción y pone en riesgo la capacidad de respuesta en torno a escenarios climáticos extremos o escasos de recursos económicos para el manejo del cultivo.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que aportaron con su trabajo en el desarrollo de las actividades del experimento, a Diego Fabián Montoya responsable de la Estación La Catalina hasta el año 2019, al Asistente de Investigación Carlos Augusto Ramírez por el apoyo en el registro de información y al personal de las Disciplinas de Biometría y Experimentación de Cenicafé.

LITERATURA CITADA

- Andrade, W. E., Guimares, P. T., Faquin, V., & Guimarães, R. J. (2014). Produtividade do cafeeiro arábica em condições de adensamento, no noroeste Fluminense. *Coffee Science*, 9(1), 90-101. <http://www.coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/554>
- Araque, H., & Duque, H. (2019). Variables agronómicas determinantes de la productividad del cultivo de café en fincas del departamento de Caldas. *Revista Cenicafé*, 70(1), 81-92. <https://doi.org/10.38141/10778/70106>
- Arcila, J. (2007). Densidad de siembra y productividad de los cafetales. En J. Arcila, F.F. Farfán, A. M. Moreno, L.F. Salazar, & E. Hincapié (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 131-143). Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/720>
- Augusto, H., Martínez, H. E., Sampaio, N., Cruz, C., & Pedrosa, A. (2007). Concentração foliar de nutrientes em cultivares de *Coffea arabica* L. sob espaçamentos adensados. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(4), 973-981. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000400005>
- Carvalho, G., Mendes, A., Bartholo, G., Nogueira, A., & Amaral, M. (2006). Avaliação de produtividade de progênies de cafeeiro em dois sistemas de plantio. *Ciência e Agrotecnologia*, 30(5), 838-843. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542006000500003>
- Duque, H. (2004). *Cómo reducir los costos de producción en la finca cafetera* (2da. ed.). Cenicafé.
- Duque, H., Arboleda, C., & Arcila, J. (2003). Colinos de café descopados: una opción para obtener altas densidades de siembra a menor costo. *Avances Técnicos Cenicafé*, 309, 1-4. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/avances_tecnicos/avance_tecnico_0309

- Farfán, F., Rendón, J., & Menza, H. (2016). Densidad de siembra de *Coffea arabica* variedad Tabi en sistemas agroforestales, en tres zonas cafeteras de Colombia. *Revista Cenicafé*, 67(2), 52-57. <http://hdl.handle.net/10778/728>
- Farfán, F., & Sánchez, P. M. (2016). Densidad de siembra del café variedad Castillo® en sistemas agroforestales, en el departamento de Santander-Colombia. *Cenicafé, Revista Cenicafé*, 67(1), 55-62. <http://hdl.handle.net/10778/678>
- Flórez, C. P., Arias, J. C., Maldonado, C. E., Cortina, H. A., Moncada, M. P., Quiroga, J., Molina, D. M., García, J. C. & Duque, H. (2018). Variedades Castillo® Zonales resistente a la roya con mayor productividad. *Avances Técnicos Cenicafé*, 489, 1-8.
- Flórez, C. P., Maldonado, C. E., Cortina, H. A., Moncada, M. P., Montoya, E. C., Ibarra, L. N., Unigarro, C. A., Rendón-Sáenz, J., & Duque-Orrego, H. (2016). Cenicafé 1: Nueva variedad de porte bajo, altamente productiva, resistente a la roya y al CBD, con mayor calidad física del grano. *Avances Técnicos Cenicafé*, 469, 1-8. <http://hdl.handle.net/10778/4178>
- Giomo, G., Mistro, J. C., Nasser, M., Gallo, P., & Fazuoli, L. C. (2009, junio 2-5). Efeito do adensamento na produtividade de cultivares de *Coffea arabica* L. de porte baixo. En Consórcio Pesquisa Café e Desenvolvimento do Café (Organizador), VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Vitória, Espírito Santo, Brasil. <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/2750>
- Martínez, H. E., Augusto, H., Cruz, C., Pedrosa, A., & Sampaio, N. (2007). Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 29(4), 481-489. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v29i4.404>
- Mestre, A., & Arboleda, C. (1999). Aumente la densidad de población de los cafetales y la productividad, sin costos adicionales. *Avances Técnicos Cenicafé*, 263, 1-4.
- Paulo, E., Furlani Junior, E., & Fazuoli, L. (2005). Comportamento de cultivares de cafeeiro em diferentes densidades de plantio. *Bragantia, Campinas*, 64(3), 397-409. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052005000300009>
- Pereira, S., Pereira, D., Oliveira, M., Donizeti, J., & Guimarães, R. (2013). Influência do espaçamento de cultivo em duas épocas de poda nos teores caulinares de carboidratos em cafeeiros. *Coffee Science*, 8(4), 460-468. <http://www.coffeescience.ufpa.br/index.php/Coffeescience/article/view/498>
- Pereira, S., Bartholo, G., Baliza, D., Sobreira, F., & Guimarães, R. (2011). Crescimento, produtividade e bionalidade do cafeeiro em função do espaçamento de cultivo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 46(2), 152-160. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000200006>
- Pereira, S., Guimarães, R., Bartholo, G., Guimarez, P. T., & Alves, J. (2007). Crescimento vegetativo e produção de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) recepados em duas épocas, conduzidos em espaçamentos crescentes. *Ciência e Agrotecnologia*, 31(3), 643-649. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000300007>
- Rendón, J., & Duque, H. (2017). Determine la densidad de tallos en las zocas de café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 484, 1-4. <http://hdl.handle.net/10778/4210>
- SAS Institute Inc. (2016). SAS® 9.4 User's Guide (4th ed.).
- Toledo, S., & Barros, I. (1999). Influência da densidade de plantio e sistema de podas na produção de café. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(8), 1379-1384. <https://doi.org/10.1590/S0100-204X1999000800009>