



# Densidad de siembra y fotosíntesis, el motor de la productividad en nuestros cafetales

Establecer la densidad de siembra más adecuada en café (*Coffea arabica* L.) es una de las principales estrategias para mejorar la productividad (Araque & Duque, 2019). Desde el punto de vista fisiológico, la productividad<sup>1</sup> del cultivo depende de su capacidad fotosintética<sup>2</sup> para producir materia seca<sup>3</sup> a partir de la energía lumínica, el CO<sub>2</sub> y el agua, durante las etapas fenológicas de la planta (etapa vegetativa y reproductiva) (Arcila et al., 2007). La densidad de siembra es la estrategia agronómica más fácil de implementar y de mayor impacto para aumentar tanto la capacidad fotosintética como el número de flores y frutos, porque con un mayor número de plantas se intercepta más luz por superficie de suelo, lo cual se traduce en un incremento de materia seca que favorece la productividad. En el presente Avance Técnico se responden algunas preguntas para facilitar el entendimiento de los conceptos fisiológicos más importantes que respaldan el uso de altas densidades de siembra en el cultivo de café.





Ciencia, tecnología  
e innovación  
para la caficultura  
colombiana

#### Autores

**Carlos Andrés Unigarro Muñoz**  
<https://orcid.org/0000-0002-7344-3211>  
Investigador Científico I  
Disciplina de Fisiología vegetal

**José Raúl Rendón Sáenz**  
<https://orcid.org/0000-0002-5676-4670>  
Investigador Científico I  
Disciplina de Fitotecnia

**José Ricardo Acuña Zornosa**  
<https://orcid.org/0000-0001-6935-2264>  
Investigador Científico III  
Disciplina de Fisiología vegetal

Centro Nacional de Investigaciones  
de Café - Cenicafé  
Manizales, Caldas, Colombia

DOI (Digital Object Identifier)  
<https://doi.org/10.38141/10779/0525>

#### Edición

Sandra Milena Marín López

#### Fotografías

Archivo Cenicafé

#### Diagramación

Ma. del Rosario Rodríguez Lara

#### Imprenta

ISSN-0120-0178

ISSN-2145-3691 (En línea)

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Manizales, Caldas, Colombia  
Tel. 606 + 8500707  
A.A. 2427 Manizales  
[www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)

## 1. ¿Qué es el área foliar (AF)?

Es la superficie de la hoja que se encarga de capturar la energía lumínica para la fotosíntesis (Figura 1), puede calcularse conociendo el largo y ancho de la hoja (Unigarro et al., 2015). La suma de todas las superficies foliares corresponden al área foliar de la planta.

## 2. ¿Qué es el índice de área foliar (IAF)?

Es la expresión adimensional de la cantidad de área foliar por unidad de área de suelo ( $\text{m}^2/\text{m}^2$ ) (Yan et al., 2019). El IAF corresponde al conjunto de capas de área foliar en  $1 \text{ m}^2$ , una encima de otra, todas sobre una superficie de suelo de  $1,0 \text{ m}^2$ . Un dosel<sup>4</sup> con un IAF de 1 tiene una tasa 1:1 de área



**Figura 1.** Hojas de café (*C. arabica*) con láminas foliares de diferentes tamaños.

<sup>1</sup>**Productividad:** es la producción total de un grupo de plantas por unidad de área de suelo ( $\text{kg}/\text{superficie}$ ) (Duque, 2004). Normalmente se representa en  $\text{kg ha}^{-1}$ , aunque puede diferir según el contexto. Para café pergamino seco (c.p.s.) se usan las convenciones @/ha (nacional) y sacos de  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  (internacional) (FNC, 2018).

<sup>2</sup>**Fotosíntesis:** es el proceso mediante el cual las hojas sintetizan compuestos químicos estables o fotoasimilados a partir de  $\text{CO}_2$  y agua en presencia de energía lumínica. Los fotoasimilados son sustancias sintetizadas en las hojas durante la fotosíntesis, que posteriormente se transportan a otros órganos (tallos, ramas, flores y frutos), donde pueden utilizarse o almacenarse.

<sup>3</sup>**Materia seca:** es la masa después de perder el agua contenida en los tejidos vegetales. Es un indicador del uso de los recursos por parte de las especies vegetales.

<sup>4</sup>**Dosel:** es la porción de la planta que crece sobre el suelo y se compone por hojas, tallos, ramas, flores y frutos (Norman & Campbell, 1989).

foliar respecto a la superficie de suelo, mientras que un dosel con un IAF de 3 tendría una tasa 3:1 (Figura 2A). El IAF se relaciona con la cantidad de materia seca que acumulan las plantas, por lo que es un descriptor del crecimiento y la productividad del cultivo (Figura 2B).

### 3. ¿Qué es más relevante para estimar la productividad de un cultivo, conocer el área foliar (AF) o el índice de área foliar (IAF)?

Debido a que la productividad como el IAF están relacionados con la superficie del suelo, su asociación es más importante para explicar los cambios en la productividad. Mientras que el AF resulta más apropiada para describir los cambios en la producción de frutos por planta.

### 4. ¿Cuál es el efecto de la densidad de siembra sobre el AF y el IAF?

Al incrementar la densidad de siembra el AF por planta disminuye, porque cada planta ocupa menos espacio

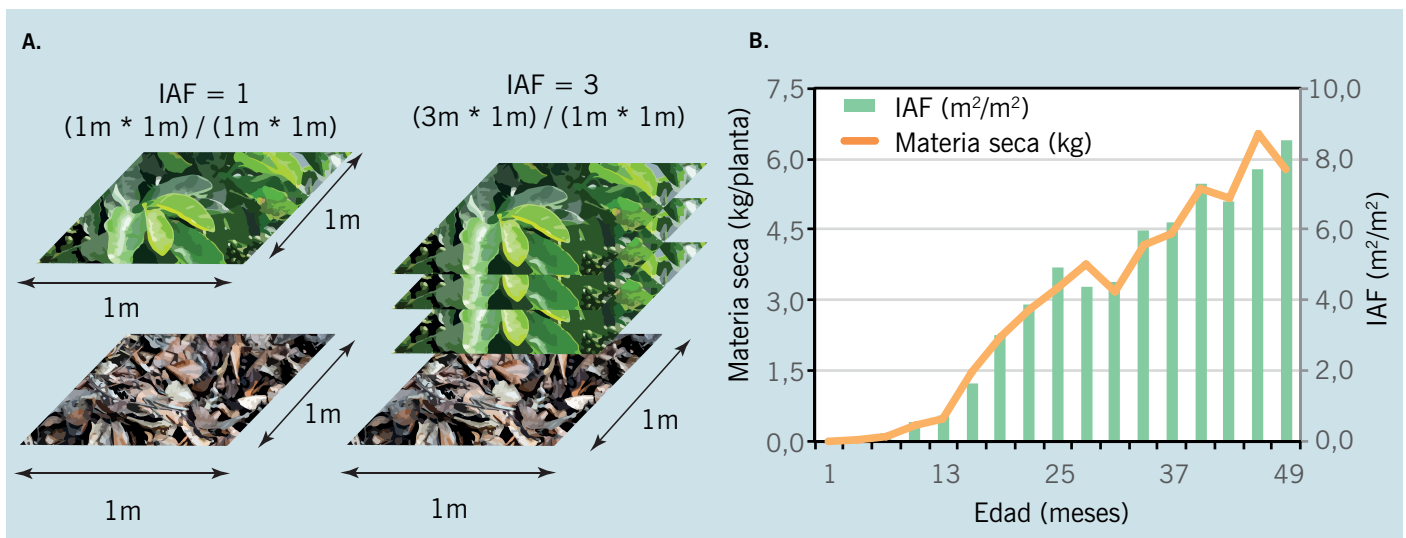
dado el mayor número de individuos en una misma superficie. Por su parte, el IAF aumenta con la densidad de siembra, porque en total hay más AF por unidad de superficie de suelo (Figura 3).

Incrementar la densidad de siembra optimiza el IAF del cultivo, lo cual mejora la productividad.

### 5. ¿Qué relación existe entre el IAF y la interceptación de la radiación solar<sup>5</sup>?

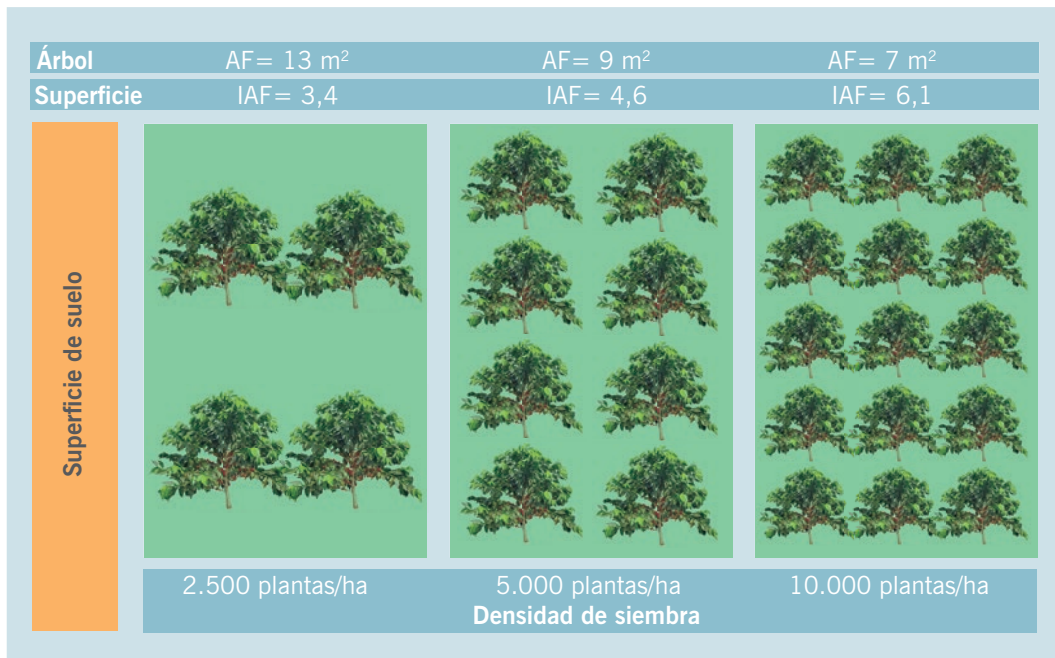
El IAF determina en gran medida la cantidad de luz que capta el dosel. Por lo tanto, al aumentar el IAF utilizando altas densidades de siembra (mayor que 5.000 plantas/ha), mayor será la interceptación de la radiación lumínica y menos llegará hasta el suelo, lo cual conduce a una mayor productividad. Por el contrario, en bajas densidades de siembra (menor que 5.000 plantas/ha), la interceptación de la luz es baja (alrededor del 66%) dado el menor IAF (3,4), lo cual, posteriormente se reflejará en una baja productividad (Figura 4).

Incrementar la densidad de siembra en rangos adecuados optimiza la captura de luz por superficie de suelo, dado el incremento del IAF.

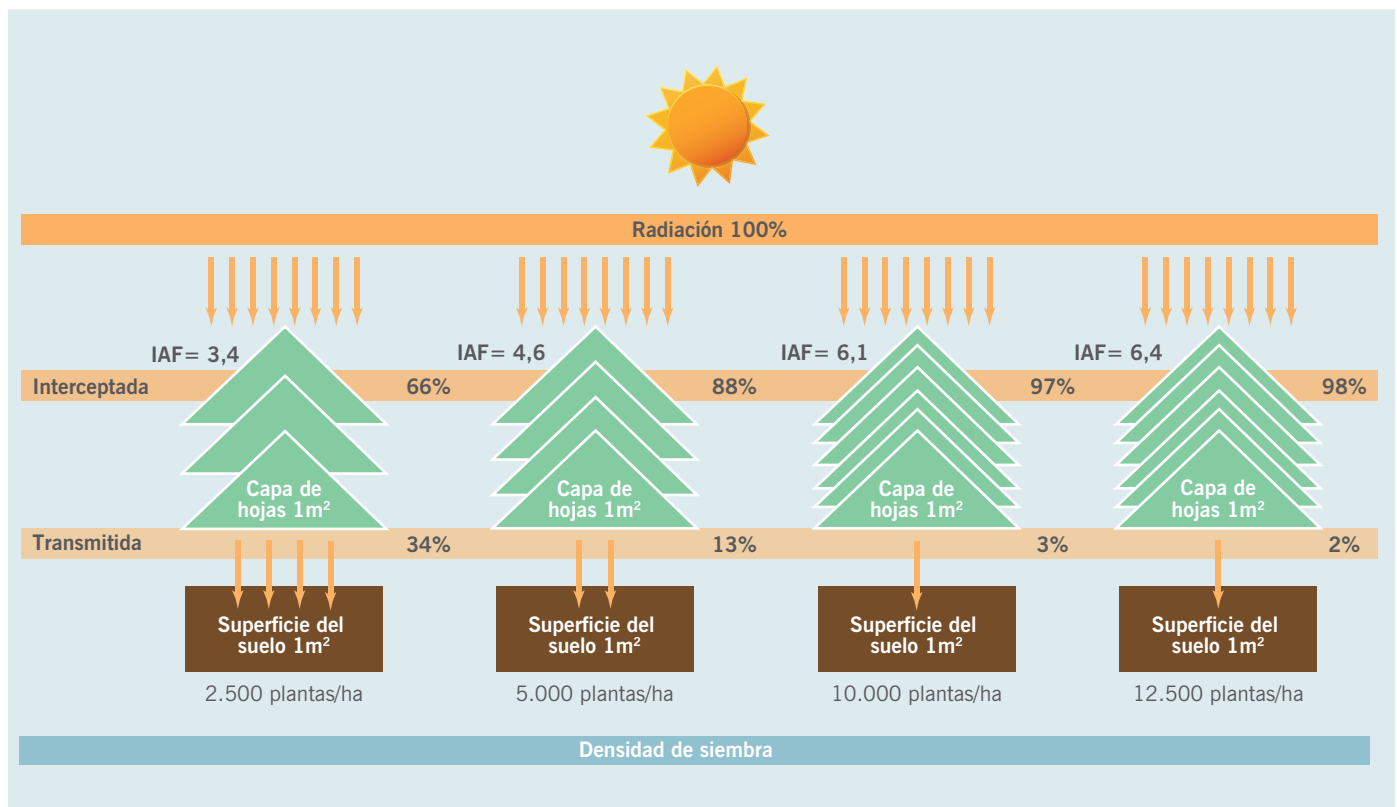


**Figura 2. A.** Representación del Índice de Área Foliar (IAF). **B.** Relación entre la materia seca (peso acumulado de raíces, hojas, tallos, ramas, frutos) y el IAF en *C. arabica* variedad Colombia según la edad del cultivo en meses (modificada de Riaño et al., 2004).

<sup>5</sup>**Interceptación de la radiación:** Es la proporción de la radiación captada por el IAF mientras la luz se distribuye por el dosel.



**Figura 3.** Área foliar (AF) e Índice de área foliar (IAF) según la densidad de siembra en *C. arabica* variedad Colombia, con tres años y medio de edad (Castillo et al., 1997).



**Figura 4.** Interceptación de la radiación e índice de área foliar (IAF) según la densidad de siembra en *C. arabica* L. variedad Colombia, con tres años y medio de edad (Castillo et al., 1997).

## 6. ¿Cuál es el efecto del IAF y la densidad de siembra sobre la producción por planta y la productividad en café?

La densidad de siembra y la productividad del cultivo tienen una relación directa con el IAF hasta alcanzar valores entre 7,5 y 8,5, luego la productividad empieza a disminuir. A su vez, una mayor densidad de plantas incrementa la cantidad de nudos productivos por superficie de suelo aumentando el número de frutos por hectárea (Figura 5. A). Por otra parte, el IAF y la densidad de siembra se relacionan inversamente con la producción por planta, porque con el aumento en el número de plantas por hectárea, se reduce la longitud de las ramas y la luminosidad dentro del dosel, condiciones que disminuyen el número de frutos por planta (Figura 5. B). Una mayor densidad de siembra aumenta el IAF en menor tiempo, condición que favorece la producción en ciclos cortos.

## 7. ¿Por qué la productividad decae con la edad del cultivo?

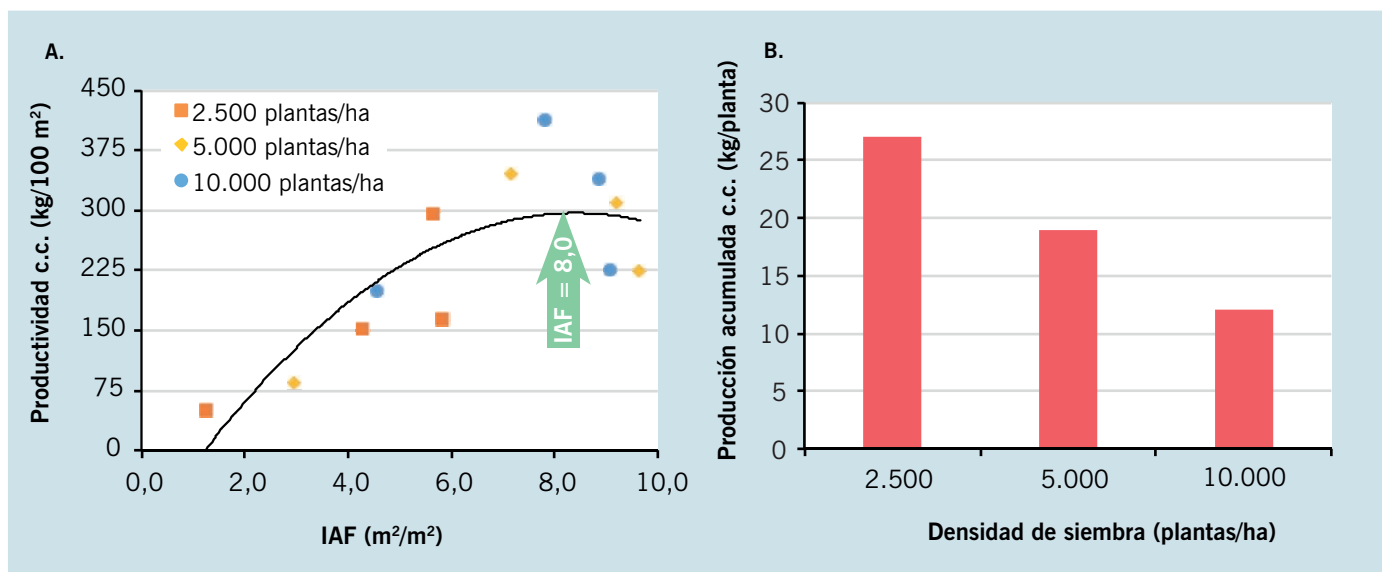
En cultivos perennes, la productividad disminuye con la edad, después de tres o cuatro años productivos, de aquí la necesidad de renovar el cultivo por zocas. Esto ocurre por el mutuo sombreadamiento que generan las hojas cuando exceden un IAF crítico (Azofeifa & Moreira, 2004). Valores de IAF mayores a 7,5 decrecen la luminosidad

al interior del dosel reduciendo la fotosíntesis, por consiguiente, el crecimiento y la cantidad de los frutos se reduce, esto ocurre en cafetales con edades que superan los cinco años (Arcila & Chaves, 1995).

El cultivo de café alcanza normalmente un IAF mayor a 7,5 a los cuatro años de edad, cuando se establece con menos de 9.000 plantas/ha, de aquí que se planee la renovación del cafetal después del quinto año. Sin embargo, esto depende del sistema productivo y sitio donde se encuentre la finca cafetera.

## 8. ¿Cómo planificar los rangos de densidad de siembra del cultivo?

En variedades de café con porte bajo y ciclos de producción entre 4 y 5 cosechas, el rango de densidad de siembra puede oscilar entre 7.000 y 9.000 plantas/ha, con un máximo de 10.000 plantas/ha (Rendón & Duque, 2018; Farfán, 2019). Cuando estas variedades se establecen a densidades menores de 5.000 plantas/ha, el dosel no es lo suficientemente denso para capturar toda la luz disponible, motivo por el cual



**Figura 5. A.** Respuesta de la productividad de café cereza (c.c.); **B.** Respuesta de la producción acumulada de café cereza por planta en *C. arabica* variedad Colombia, para tres densidades de siembra (modificada de Arcila & Chaves, 1995).

gran parte de la energía solar se transmite al suelo o a las arvenses. En estas plantaciones, la población de plantas puede ajustarse dejando dos tallos por sitio luego de la renovación por zoca, si la densidad está en un rango entre 5.000 y 7.500 plantas/ha deben dejarse intercalados dentro de los surcos uno y dos tallos por sitio, y si la densidad de siembra supera las 7.500 plantas/ha la opción es un tallo por sitio, siempre y cuando los sitios con zocas muertas sean reemplazados oportunamente con resiembras de colinos de café. Por otra parte, si los sistemas de producción se establecen con variedades de porte alto, la densidad debe estar entre 4.000 y 5.000 plantas/ha (Farfán et al., 2016).

La decisión de la densidad de siembra del café a seleccionar para la finca cafetera varía dependiendo de la zona (FNC, 2019).

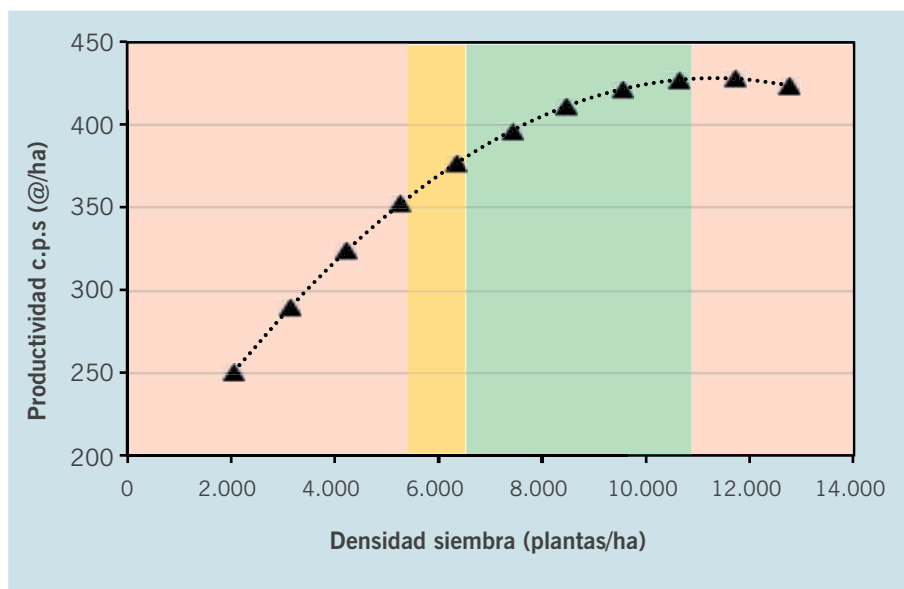
## 9. ¿Qué respuestas fisiológicas en la planta reducen la productividad cuando se sobrepasan las 10.000 plantas/ha?

En sistemas muy adensados el sombreado mutuo de los árboles reduce el número de botones florales antes de iniciar la etapa reproductiva porque el IAF

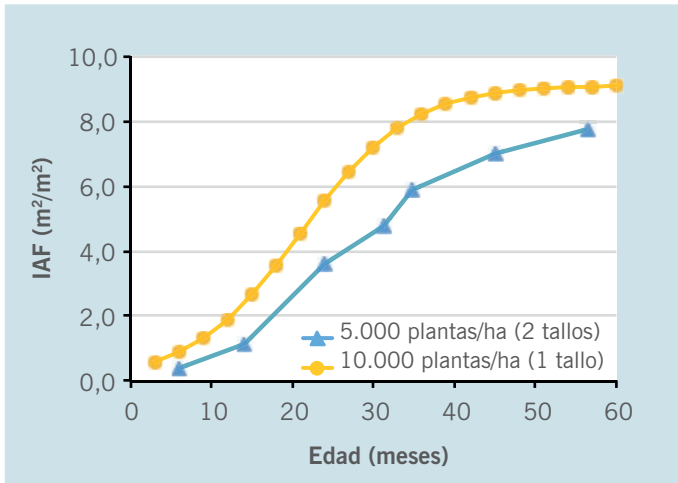
crítico (entre 7,5 y 8,5) se alcanza a una edad muy prematura (aproximadamente al iniciar el tercer año). En los años posteriores, la reducción en los botones florales será más evidente, afectando negativamente la productividad. Densidades superiores a 10.000 plantas/ha no son aconsejables, debido a que los gastos de establecimiento no son compensados por la productividad (Figura 6).

## 10. ¿Con respecto al IAF, es lo mismo tener un cafetal con 10.000 plantas/ha que otro con 5.000 plantas/ha con dos tallos?

No es lo mismo, en la mayor parte de la caficultura de Colombia. En una densidad de 5.000 plantas/ha con dos tallos por sitio el dosel tiene un IAF menor que el registrado para 10.000 plantas/ha (Figura 7). En cultivos de café establecidos con dos tallos por planta, el desarrollo foliar no es uniforme, dada la competencia entre las dos tallos que comparten el mismo espacio y crecen simultáneamente, lo cual reduce la productividad, especialmente donde la luminosidad y la disponibilidad hídrica son limitantes (Figura 8). No obstante, existen algunos lugares en la geografía colombiana donde la productividad puede llegar a equipararse.



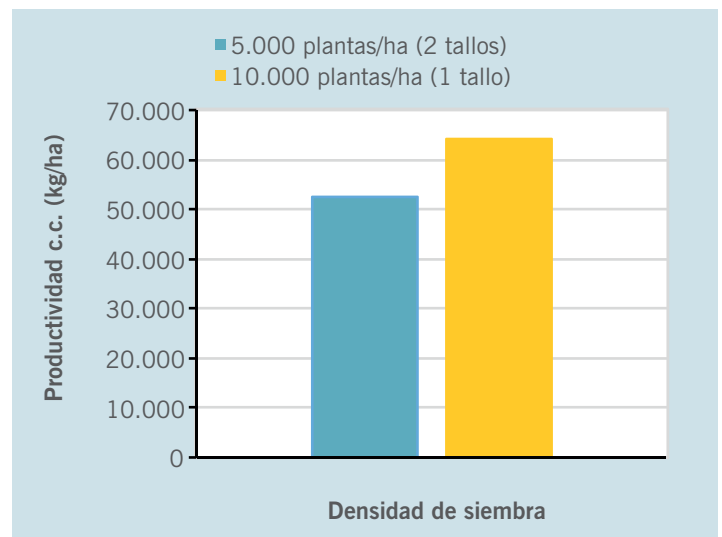
**Figura 6.** Respuesta de la productividad de café pergamino seco (c.p.s) según la densidad de siembra en *C. arabica* variedad Caturra (modificada de Duque, 2004). Las bandas rojas representan las densidades de siembra donde no hay beneficios potenciales para la productividad; la banda amarilla representa las densidades de siembra entre 5.000 y 6.000 plantas/ha; la banda verde corresponde a las densidades de siembra con mejor respuesta en productividad.



**Figura 7.** Respuesta del IAF según la edad en las densidades de 5.000 plantas/ha con dos tallos (tomado de las bases de datos de Montoya et al., 2017) y 10.000 plantas/ha con un tallo (Arcila & Chaves, 1995), en *C. arabica* variedad Castillo® y Colombia en Caldas (Colombia), respectivamente.

En la estrategia de la FNC Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad, la selección de variedades resistentes a la roya y la densidad de siembra adecuada son puntos críticos a tener en cuenta durante el establecimiento del cultivo, puesto que estas prácticas determinan la productividad de los ciclos de producción (siembra y zocas), los cuales pueden proyectarse hasta por 20 años.

**Figura 8.** Producción acumulada de café cereza en kg/ha, bajo densidades de 5.000 plantas/ha con dos tallos y 10.000 plantas/ha con un tallo, de *C. arabica* variedad Castillo®, ubicados en Quindío (Colombia) (Rendón & Bermúdez, 2017).



## Señor caficultor

El incremento en la capacidad fotosintética del cultivo de café mediante el uso de altas densidades de siembra según las condiciones agroecológicas de su zona, es una vía eficiente para alcanzar una mayor productividad.



## Literatura citada

- 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.
- Arcila, J. & Chaves, B. (1995). Desarrollo foliar del cafeto en tres densidades de siembra. *Revista Cenicafé*, 46(1), 5-20.
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L. & Hincapié, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Manizales, Colombia: Cenicafé.
- Azofeifa A. & Moreira, M.A. (2004). Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajuela. *Agronomía Costarricense*, 28, 57-67.
- Castillo, E., Arcila, J., Jaramillo, A. & Sanabria, J. (1997). Interceptación de la radiación fotosintéticamente activa y su relación con el área foliar de *Coffea arabica* L. *Revista Cenicafé*, 48(3), 182-194.
- Duque, H. (2004). *Cómo reducir los costos de producción en la finca cafetera* (2da. ed.). Manizales, Colombia: Cenicafé.
- Farfán, F.; Rendón, J.R. & Menza, H.D. (2016). Densidad de siembra de *Coffea arabica* variedad Tabi en sistemas agroforestales, en tres zonas cafeteras de Colombia. *Revista Cenicafé* 67(2), 52-57.
- Farfán, F.F. (2019) La densidad de siembra del café en sistemas agroforestales. Manizales: Cenicafé. 4 p. (Avances Técnicos 499).
- Federación Nacional de Cafeteros. (2018, octubre 9). *Productividad del Café en Colombia, Tips del Profesor Yarumo*. [Video]. YouTube. <https://youtu.be/o0rq7kie818>
- Federación Nacional de Cafeteros. (2019, julio 19). *Más Agronomía Más Productividad, Tips del Profesor Yarumo*. [Video]. YouTube. <http://y2u.be/OBHaDf8E7Ao>
- Montoya, E, Hernández, J., Unigarro, C. & Flórez, C. (2017). Estimación del área foliar en café variedad Castillo® a libre exposición y su relación con la producción. *Revista Cenicafé*, 68(1), 55-61.
- Norman, J.M., & Campbell, G.S. (1989). Canopy structure. En *Plant physiological ecology* (pp. 301-325). Países Bajos, Dordrecht: Springer.
- Rendón S., J.R. & Duque O., H. (2018). Determine la densidad de tallos en las zocas de café. *Manizales: Cenicafé*. 4 p. (Avances Técnicos No. 484)
- Rendón, J.R. & Bermúdez, L.N. (2017). Criterios para el establecimiento de cultivos de café en Colombia. *Manizales: Cenicafé*. 8 p. (Avances Técnicos No. 475)
- Riaño, N., Arcila, J., Jaramillo, A. & Chaves, B. (2004). Acumulación de materia seca y extracción de nutrimentos por *Coffea arabica* L. cv. Colombia en tres localidades de la zona cafetera central. *Revista Cenicafé*, 55(4), 265-276.
- Unigarro, C.A., Hernández, J.D., Montoya, E.C., Medina, R.D., Ibarra, L.N., Carmona, C.Y. & Flórez, C.P. (2015). Estimation of leaf area in coffee leaves (*Coffea arabica* L.) of the Castillo® variety. *Bragantia*, 74(4), 412-416.
- Yan, G., Hu, R., Luo, J., Weiss, M., Jiang, H., Mu, X., Xie, D. & Zhang, W. (2019). Review of indirect optical measurements of leaf area index: Recent advances, challenges, and perspectives. *Agricultural and forest meteorology*, 265, 390-411.

