

DENSIDAD DE SIEMBRA DE *Coffea arabica* VARIEDAD TABI EN SISTEMAS AGROFORESTALES, EN TRES ZONAS CAFETERAS DE COLOMBIA

Fernando Farfán Valencia*; José Raúl Rendón Sáenz**; Hernán Darío Menza Franco**

FARFÁN V., F.; RENDÓN S., J.R.; MENZA F. H.D. Densidad de siembra de *Coffea arabica* variedad Tabi en sistemas agroforestales, en tres zonas cafeteras de Colombia. Revista Cenicafé 67 (2): 52-57. 2016

En tres regiones de la zona cafetera colombiana, en la Estación Experimental Pueblo Bello en Pueblo Bello-Cesar, en la Estación Experimental Naranjal en Chinchiná-Caldas, y en la Estación Experimental El Tambo en El Tambo-Cauca, se evaluó el efecto de la densidad de siembra sobre la producción de café variedad Tabi, resistente a la roya del café. El café fue cultivado en un sistema agroforestal, cuyo componente arbóreo fue diverso, establecido con 70 árboles/ha. Los análisis de varianza indicaron que en la zona norte (Estación Pueblo Bello), la máxima producción fue de 2.132 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco; en la zona centro (Estación Naranjal) la producción fue de 883 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco; y para la zona sur la mayor producción fue de 7.461 kg.ha⁻¹, en cinco cosechas de café. La densidad de siembra con la que se obtiene la máxima producción para la variedad Tabi, se determinó mediante funciones cuadráticas del orden $y = ax^2 + bx + c$, en las tres localidades. De acuerdo a las funciones de ajuste, la densidad de siembra del café con la que se obtiene la máxima producción es de 5.000 plantas/ha en las tres zonas del estudio.

Palabras clave: Sistemas de producción, Caldas, Cauca, Cesar.

PLANTING DENSITY OF *Coffea arabica* TABI VARIETY IN AGROFORESTRY SYSTEMS IN THREE COFFEE ZONES OF COLOMBIA

In three regions of the Colombian coffee zone: the Pueblo Bello Experimental Station in Pueblo Bello-Cesar, the Naranjal Experimental Station in Chinchiná-Caldas, and the El Tambo Experimental Station in El Tambo-Cauca, the effect of planting density on coffee production of the Tabi variety, resistant to leaf rust, was evaluated. The coffee was grown in an agroforestry system, whose canopy component was diverse, established with 70 trees / ha. The variance analyses indicated that in the north (Pueblo Bello Experimental Station), the highest production area of dry parchment coffee was 2,132 kg.ha⁻¹; in the central area (Naranjal Experimental Station) the production was 883 kg ha⁻¹; and in the south area, it was 7,461 kg.ha⁻¹ in five coffee crops. The planting density with the highest production for the Tabi variety was determined by quadratic functions of the form $y = ax^2 + bx + c$ in all three locations. According to the adjustment functions, the coffee sowing density with which the highest production was obtained is 5,000 plants / ha in the three study areas.

Keywords: Production systems, Caldas, Cauca, Cesar.

* Investigador Científico II e Investigador Científico I, respectivamente. Disciplina de Fitotecnia. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

**Asistente de Investigación. Disciplina de Experimentación, Estación Experimental El Tambo. Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafé. Manizales, Caldas, Colombia.

El principal objetivo de toda actividad agrícola es obtener la máxima producción posible por unidad de área, es decir, lograr acercar la producción real a la potencial y que sea económicamente rentable. La producción potencial depende básicamente de la cantidad o disponibilidad de radiación solar incidente y del potencial fotosintético, que a su vez está determinado por la proporción de luz que es interceptada por los órganos verdes de la planta, y la eficiencia de la planta para la conversión fotosintética de la luz interceptada en biomasa (10).

En sistemas agroforestales con café la cantidad y calidad de radiación solar disponible para el cultivo depende, entre otros, de la densidad de siembra de los árboles de sombrío, de las especies arbóreas seleccionadas, de la arquitectura de los árboles, y estrictamente, del manejo de los árboles, para mantener los niveles de sombra dentro del rango adecuado para la localidad, según la nubosidad (4). El potencial fotosintético está determinado por la nutrición del cultivo y su estado fitosanitario, por la edad del cultivo, el manejo de arvenses, por la variedad seleccionada, la estructura del dosel, las prácticas de manejo del cultivo y la densidad de siembra (6).

La densidad de siembra del café está determinada por las características físicas y químicas del suelo donde se establece el cultivo, las características del clima, los ciclos de renovación, la variedad seleccionada, la distribución espacial y fundamentalmente por los recursos económicos que posea el caficultor para manejar bajas o altas densidades de siembra (1, 6).

Son diversos los estudios realizados en Colombia para obtener la densidad de siembra del café, con la cual se acerque a la producción potencial; Valencia (12) obtuvo que esta producción puede alcanzarse con

10.000 plantas/ha con café variedad Caturra; resultados similares fueron obtenidos por Uribe y Mestre (11), en las condiciones de la zona cafetera central de Colombia. En sistemas agroforestales, Farfán y Mestre (3), para la zona cafetera Norte de Colombia afirman que la producción potencial puede lograrse al establecer 8.500 plantas/ha. El estudio tuvo como objetivo la evaluación de la densidad de siembra para obtener la máxima producción de café para la variedad Tabi, resistente a la roya del café, en tres regiones de la zona cafetera colombiana.

Hacia la década de los años 70, Cenicafe inició un programa para desarrollar variedades de porte alto con resistencia a la roya del café. Para cumplir con este propósito se efectuaron cruzamientos entre el Híbrido de Timor, resistente a la roya, y plantas de las variedades Típica y Borbón, a partir de los cuales se desarrolló la variedad Tabi, de porte alto y con resistencia a la roya del café (8). Estas variedades son preferidas por caficultores de zonas con algunas limitaciones climáticas como altas temperaturas, bajas precipitaciones y alta radiación solar, entre otras, en sistemas agroforestales (2).

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio. Los estudios se realizaron en las Estaciones Experimentales Pueblo Bello en Pueblo Bello, Cesar, en la Estación El Tambo en El Tambo, Cauca, y en la Estación Naranjal en Chinchiná, Caldas. En la Tabla 1 se presentan las características de clima y suelos de las zonas de estudio.

Componentes del Sistema Agroforestal (SAF).

El componente arbóreo fue diferente para las localidades: en Pueblo Bello y Naranjal se sembró *Inga edulis* (guamo santafereño), y en El Tambo *I. edulis* + *Albizia carbonaria* (carbonero gigante); el sombrío se estableció

Tabla 1. Características de clima y suelos de las zonas de estudio.

Características	Localidades		
	Pueblo Bello	Naranjal	El Tambo
Ubicación geográfica			
Latitud Norte	10° 25'	4° 58'	2° 24'
Longitud Oeste	73° 34'	75° 39'	76° 44'
Altitud (m)	1.100	1.400	1.735
Características de clima			
Temperatura (°C)	21,2	21,7	18,4
Precipitación (mm)	2.050	2.987	2003
Brillo solar (horas año)	2.380	1.497	1819
Humedad relativa (%)	74,0	80,0	80
Características de suelos			
pH	5,1	5,2	5,3
Materia orgánica (%)	7,1	13,3	22,8
Nitrógeno (%)	0,29	0,51	0,75
Fósforo (ppm)	2,0	3,0	2,0
Potasio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	1,2	0,98	0,17
Calcio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	7,0	4,3	1,6
Magnesio (cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹)	2,1	1,9	0,4
Ecotopo	402A	206A	218A
Unidad cartográfica	Asoc. El Palmor	Consociación Chinchiná	Unidad Timbío
Grupo taxonómico	Dystropepts	Hapludands	Typic Melanudands
Material parental	Diabasa	Cenizas volcánicas	Cenizas volcánicas

a 12,0 x 12,0 m (70 árboles/ha) en todas las localidades. Como componente agrícola se evaluó la variedad de café Tabi, de porte alto, resistentes a la roya del café.

Tratamientos. Los tratamientos estuvieron compuestos por cinco densidades de siembra, como se describe en la Tabla 2.

Diseño experimental. El efecto de la densidad de siembra del café bajo sombrío, se evaluó bajo el diseño experimental bloques completos al azar, con cuatro bloques. El factor de bloqueo fue la pendiente del terreno.

Parcela experimental. En cada bloque, cada tratamiento tuvo una parcela con el área y número de plantas efectivas (Tabla 2).

Establecimiento. El estudio se inició en el año 2008 en la Estación Experimental Pueblo Bello; en el año 2005 en la Estación Naranjal y en el año 2009 en la Estación El Tambo. En las tres localidades se encontraba establecido el sombrío permanente.

Fertilización. Se basó en un plan de fertilización con fuentes de N, P y K, de acuerdo con los resultados de los análisis de suelos obtenidos para cada localidad.

Mantenimiento del componente arbóreo. Se realizaron podas periódicas a los árboles de sombrío para mantener un porcentaje de sombra de acuerdo a cada localidad, así: 42% en la Estación Pueblo Bello, 30% en la Estación Naranjal, y 33% en la Estación El Tambo (4).

Tabla 2. Tratamientos, área de la parcela efectiva y número de plantas efectivas de acuerdo con la densidad de siembra del café.

Variedad de café	Densidad siembra (plantas/ha)	Distancias de siembra (m)	Área parcela efectiva (m ²)	Número de plantas efectivas
Tabi	1.667	2,0 x 3,0	360	77
	2.500	2,0 x 2,0	400	121
	3.333	2,0 x 1,5	420	165
	4.167	2,0 x 1,2	432	209
	5.000	2,0 x 1,0	220	220

Variabes evaluadas. Para evaluar el efecto de los tratamientos sobre la producción de café se realizaron recolecciones periódicas de café cereza por parcela (kg), durante cinco cosechas, en cada localidad, los registros fueron transformados a kilogramos de café pergamino seco por hectárea, aplicando un factor de conversión 5:1 (5,0 kg de café cereza para obtener 1,0 kg de café pergamino seco).

Análisis de la información. Se realizaron análisis de varianza para cada sistema de cultivo estudiado, y pruebas de comparación Tukey al 5,0% bajo el modelo para el diseño experimental utilizado. Para determinar la densidad de siembra con la cual se obtuviera la máxima producción del café en un sistema agroforestal, se efectuaron análisis de correlaciones, para hallar la función de ajuste que en mayor grado explicara esta correlación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Respuesta en producción de café variedad Tabi. La comparación del promedio de la producción registrada, de cinco cosechas de café, en la Estación Experimental Pueblo Bello indicó que no hay diferencias con densidades de siembra del café de 1.667, 2.500, 3.333 y 4.167 plantas/ha. El mismo análisis arrojó que la mayor producción (8.947 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco), se registró con el establecimiento de 5.000 plantas/ha (Tabla 3).

En la Estación Naranjal las producciones más bajas se registraron con densidades entre 1.600 y 4.200 plantas/ha (diferencias no estadísticas); la máxima producción de 4.415 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco se obtuvo con densidades de siembra de 5.000 plantas/ha (Tabla 3). Dadas las características de clima en la zona cafetera central-norte de Colombia es recomendable el establecimiento de sistemas de producción con café al sol, pues con 1.500 h de brillo solar al año y bajo sombra, la producción puede verse reducida entre un 35% y un 40% (4, 5).

En la Estación El Tambo, las producciones más bajas se registraron con las menores densidad de siembra y la mayor producción (7.461 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco) se registró con la máxima densidad de siembra evaluada (5.000 plantas/ha) (Tabla 3).

Densidad de siembra máxima. Las densidades de siembra con las que se obtiene la máxima producción para la variedad de café Tabi en sistemas agroforestales, en las tres localidades bajo estudio, fueron determinadas mediante funciones cuadráticas del orden $y = ax^2 + bx + c$, de acuerdo a las funciones de ajuste, a las condiciones de clima y suelo de las localidades, al plan de manejo agronómico, al porcentaje de sombrío y a los períodos evaluados. La densidad de siembra del café con la cual

Tabla 3. Promedio de la producción de café variedad Tabi (kg.ha⁻¹ de café pergamino seco), en tres localidades de la zona cafetera colombiana.

Densidades de siembra (plantas/ha)	Localidades					
	Pueblo Bello	C. V.	Naranjal	C. V.	El Tambo	C. V.
1.667	1.671 c	0,35	654 b	0,21	4.337 d	0,20
2.500	1.703 c	0,45	680 b	0,07	5.170 c	0,28
3.333	1.971 b	0,41	676 b	0,17	6.039 b	0,12
4.167	1.744 c	0,38	697 b	0,08	5.959 b	0,42
5.000	2.132 a	0,44	883 a	0,15	7.461 a	0,17

se obtienen las mayores producciones es de 5.000 plantas/ha, en todas las localidades (Figura 1).

Los resultados son contrastantes con las recomendaciones dadas por Arcila *et al.* (1), quienes afirman que las variedades de porte alto y bajo sombrío, deben establecerse con máximo 2.500 plantas/ha. Moreno (8), en la Estación Experimental Pueblo Bello, obtuvo producciones de 2.112 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco, con plantaciones establecidas con 3.600 plantas/ha, sin especificación sobre la estructura del componente arbóreo. En estudios realizados en la Estación Pueblo Bello y

en sistemas agroforestales, Farfán y Baute (5), encontraron que los promedios de la producción fueron mayores en cafetales establecidos a altas densidades de siembra y que mediante el ajuste de una función cuadrática, la densidad de siembra con la que se obtiene la máxima producción (2.800 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco), fue con 8.000 plantas/ha.

Sakai *et al.* (9), evaluaron la respuesta en producción de café variedad Catuai ante la variación de las densidades de siembra entre 3.100 y 12.500 plantas/ha, y encontraron que no hubo diferencias en producción entre las bajas y entre las

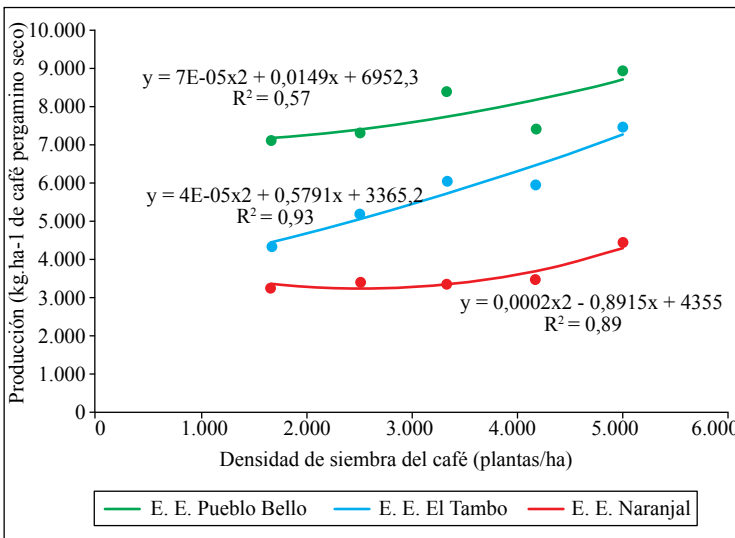


Figura 1. Producción de café variedad Tabi en sistemas agroforestales, en respuesta a la densidad de siembra.

altas densidades de siembra. Un polinomio cuadrado fue la función que explicó la densidad de siembra (10.000 plantas/ha) con la que obtiene la máxima producción (2.769 kg de café pergamino seco). Martins y Furlani (7), para la misma variedad de café, evaluaron la respuesta en producción a la densidad de siembra (2.500, 5.000, 7.519 y 10.000 plantas/ha), y obtuvieron que la producción acumulada de dos cosechas se incrementó linealmente ($y = 0,8094x + 3.353$; $R^2=0,87$) con la densidad de la plantación de árboles de café, pues la mayor producción se registró con el establecimiento de 3.600 plantas/ha.

De los resultados obtenidos puede concluirse que:

- La variedad Tabi es una alternativa para cultivos de café en sistemas agroforestales, en regiones donde por limitaciones de clima no es posible el establecimiento de sistemas de producción a libre exposición solar.
- En las zonas cafeteras Centro-Norte, no es recomendable el establecimiento de café bajo sombrío.
- Para las zonas cafeteras Norte y Sur, puede establecerse la variedad Tabi en sistemas agroforestales, a densidades de siembra de 5.000 plantas/ha.

BIBLIOGRAFIA

1. ARCILA P, J.; FARFÁN V., F.; MORENO B., A.M.; SALAZAR G., L.F.; HINCAPIÉ G., En. Sistemas de producción de café en Colombia. Chinchiná, Cenicafé, 2007.309 p.
2. CASTILLO Z., J. Algunos materiales de interés agronómico seleccionados por la Disciplina de Mejoramiento Genético de Cenicafé. Chinchiná (Colombia), Cenicafé, 1989. 1 p. (Seminario Octubre 27, 1989).
3. FARFÁN V., F.; MESTRE M., A. Respuesta del café cultivado en un sistema agroforestal a la aplicación de fertilizantes. *Cenicafé* 55(2):161-174. 2004.
4. FARFÁN V., F.; JARAMILLO R., A. Sombrío para el cultivo del café según la nubosidad de la región. *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 379*:1-8. 2009
5. FARFÁN V., F.; BAUTE B., J. E. Efecto del arreglo espacial del café y del sombrío sobre la producción de café. *Cenicafé*. 60(4):313-323. 2009.
6. LOBELL D. B.; CASSMAN., K. G.; FIEL., C. B. Crop Yield Gaps: Their Importance, Magnitudes, and Causes. *Annual Review of Environment and Resources*. 34:179-204. 2009.
7. MARTINS, E. P.; FURLANI., E. Yield performance and leaf nutrient levels of coffee cultivars under different plant densities. *Scientia Agricola*. 67(6):1-5. 2010.
8. MORENO R., L.G. Tabi: variedad de café de porte alto con resistencia a la roya. *Avances Técnicos Cenicafé (Colombia) No. 300*:1-8. 2002.
9. SAKAI, E.; BARBOSA., E. A.; SILVEIRA., J.; PIRES., R. *Coffea arabica* (cv. Catuai) production and bean size under different population arrangements and soil water availability. *Engenharia Agrícola*. 33(1):145-156. 2013.
10. SCURLOCK, J., LONG, S., HALL, D., COOMBS, J. Introducción a las técnicas en fotosíntesis y bioproduktividad. En técnicas en Fotosíntesis y Bioproduktividad (eds. Coombs, J., Hall, D. Long, S. y J. Scurlock). Editorial Futura. México. 2a edición. 1987. 258 p.
11. URIBE H., A.; MESTRE M., A. Efecto de la densidad de población y su sistema de manejo sobre la producción de café. *Cenicafé (Colombia)*. 31(1):29-51. 1980.
12. VALENCIA A., G. Relación entre el índice de área foliar y la productividad del café. *Cenicafé (Colombia)* 24(4):79-89. 1973.