

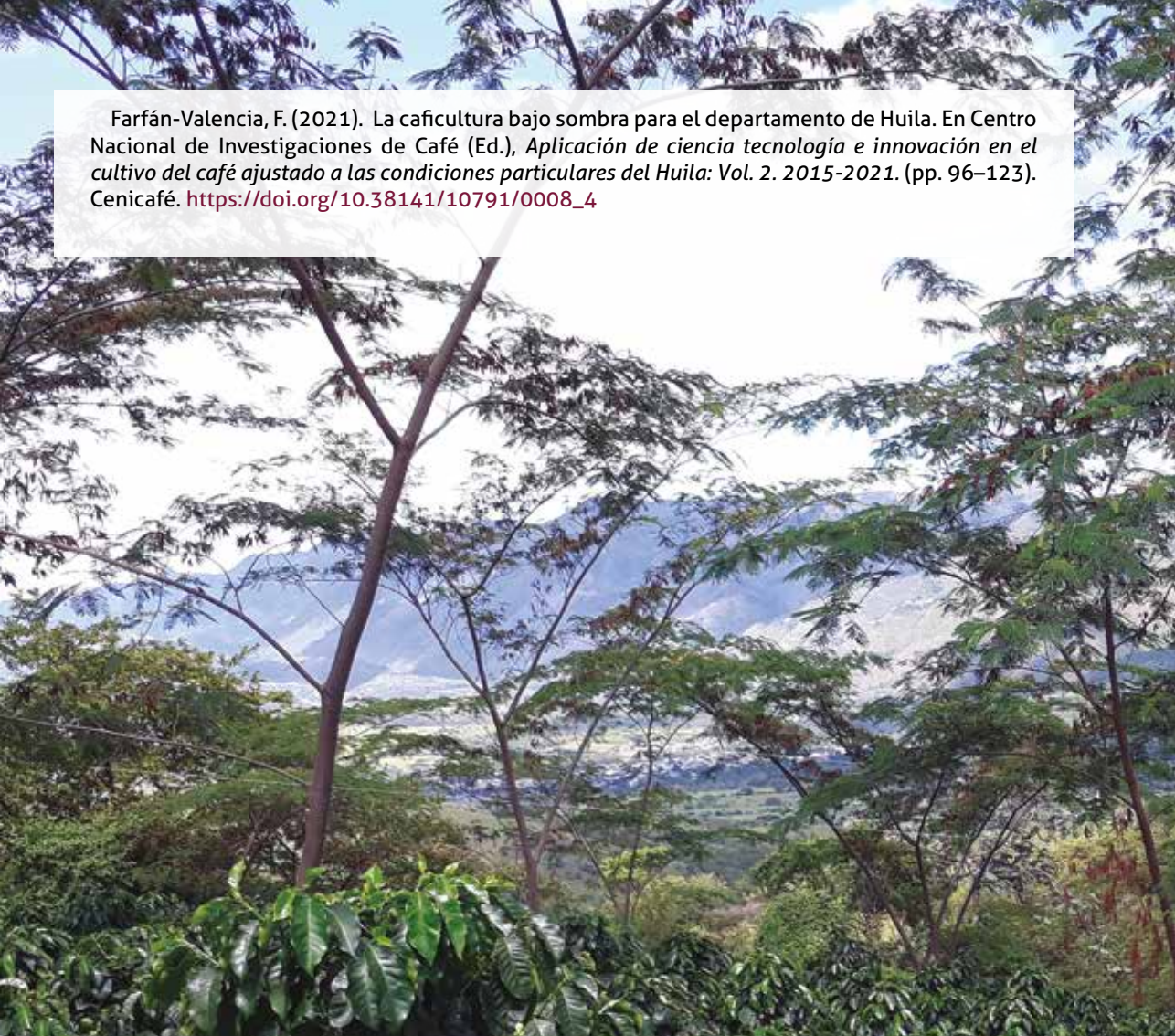


4

La caficultura bajo sombra para el departamento del Huila

**“APLICACIÓN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL CULTIVO DEL CAFÉ AJUSTADO
A LAS CONDICIONES PARTICULARES DEL HUILA”**





Farfán-Valencia, F. (2021). La caficultura bajo sombra para el departamento de Huila. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Aplicación de ciencia tecnología e innovación en el cultivo del café ajustado a las condiciones particulares del Huila: Vol. 2. 2015-2021.* (pp. 96–123). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0008_4

Fernando Farfán Valencia
Investigador Científico II
Disciplina de Fitotecnia
<https://orcid.org/0000-0003-0976-8828>







INTRODUCCIÓN

La agroforestería es parte fundamental del proceso integral productivo del café; un sistema agroforestal cafetero es definido como el conjunto de prácticas de manejo del cultivo, donde se combinan especies arbóreas en asocio con el café o en arborización de las fincas, cuyo objetivo es el manejo y la conservación del suelo y el agua, y el aumento y mantenimiento de la producción, para garantizar la sostenibilidad y el fortalecimiento del desarrollo social y económico de las familias cafeteras (Farfán, 2014).

La producción de café con el asocio de árboles tiene ventajas ambientales como la conservación y mejoramiento del suelo, reforzar y establecer la sostenibilidad de las fincas de los caficultores mediante la promoción de la diversificación productiva y capacitación en el manejo de sistemas, mejorar y mantener otros tipos de agricultura alterna, aumentar los niveles de materia orgánica del suelo, fijación del nitrógeno atmosférico y reciclaje de nutrientes, entre otros. Desde el punto de vista económico, los árboles en asocio con el café modifican el microclima dentro del cultivo, mediante el acondicionamiento del sitio del cultivo en regiones donde por condiciones de clima, no es factible el cultivo del café a libre exposición solar; así se optimiza la productividad del sistema mediante la producción sostenible. Desde el punto de vista social, brindan ambientes confortables, protegen de las inclemencias climáticas y embellecen el paisaje, entre otros.



¿Qué hace a un cultivo de café más vulnerable a las variaciones climáticas?

Entre las prácticas aplicadas al cultivo que lo hacen más vulnerable o expuesto a las variaciones de clima, con mayor intensidad en eventos climáticos El Niño, cabe mencionar:

- Establecimiento de cultivos a libre exposición solar, en zonas donde se requiere el sombrero.
- Obtención de semillas en sitios diferentes a los Comités Departamentales de Cafeteros.
- Almácigos de café elaborados por fuera de las fincas, que presenten colinos con malformaciones de la raíz ("cola de marrano").
- Siembras de café en épocas inapropiadas y fertilizaciones inoportunas.
- Cafetales envejecidos, sin establecer un plan de renovación del café.
- Establecer el café a bajas densidades de siembra o con distancias muy amplias entre calles.
- Alto porcentaje de sitios perdidos (>15,0%), sin las resiembras oportunas.
- Control excesivo de arvenses.
- Aplicaciones de fertilizantes foliares, urea y herbicidas en épocas secas.

La caficultura del departamento de Huila

La caficultura del departamento, en el año 2019, estuvo distribuida en 144.895 ha, cerca del 88,0% (129.149 ha) establecidas a libre exposición solar y el 12,0% (17.611 ha) bajo sombra o cultivos parcialmente sombreados. Con 14.120 ha en caficultura envejecida y 132.460 ha en caficultura tecnificada joven (FNC, 2021). En el año 2019, la mayor área con café, 53.915 ha, se encontraba en la zona Sur del departamento y a plena exposición solar; en la zona Centro había establecidas 35.924 ha y en la zona Norte, 31.598 ha, bajo el mismo sistema de producción. Las subregiones con menores áreas establecidas con café bajo sombra total o parcial, son la Centro y Norte, con 1.636 y 3.237 ha, respectivamente. Es decir, la caficultura del departamento es, en su mayoría, una caficultura tecnificada, a libre exposición solar (FNC, 2021).

En 2017 la producción del departamento fue de 2.580.000 sacos de café verde o almendra de 60,0 kg; equivalente a 15.480.000 de arrobas de café pergamino seco (193.500.000 kg), lo que indica que la producción media por hectárea, en el departamento, fue cercana a las 113,0 arrobas de café pergamino seco por hectárea (1.420 kg ha⁻¹ de café pergamino seco) (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia & Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2017).

En este documento se entregarán orientaciones para ajustar los sistemas de producción cuando por condiciones de clima, específicamente las deficiencias hídricas, sean limitantes para el cultivo, como en el departamento del Huila; teniendo presente

que la información presentada es producto de las investigaciones que se desarrollaron en seis municipios del departamento, en cumplimiento del proyecto “Identificación de las áreas con déficit hídrico y diseño de los sistemas agroforestales como medida de adaptación a la variabilidad climática”. Estas investigaciones se realizaron con recursos provenientes del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías – Gobernación del Huila, el Centro Nacional de Investigaciones de Café-Cenicafé y el Comité Departamental de Cafeteros del Huila.

Las investigaciones tuvieron como propósitos: (i) Caracterizar el modelo productivo de la zona cafetera del departamento del Huila y formular el ajuste tecnológico, de acuerdo con los resultados de la caracterización; (ii) Identificar los árboles de uso y su potencial para sombrío en café en el departamento de Huila; (iii) Definir las densidades de siembra y arreglos espaciales, para el ajuste del modelo productivo de la zona cafetera del Huila, hacia una caficultura climáticamente inteligente.

¿Cómo establecer el café bajo sombrío?

Las recomendaciones dadas a los caficultores para el ajuste o establecimiento de los sistemas de producción de café bajo árboles de sombrío, deben realizarse de acuerdo a las prácticas sugeridas en la estrategia “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad” (Figura 1).

Sitio de establecimiento del cultivo

Es importante considerar que el sombrío no es universalmente benéfico y que en algunas condiciones se registran desventajas asociadas especialmente con la restricción de la incidencia de la radiación solar, que es el principal factor determinante de la productividad. Igualmente, establecer sistemas de producción con café a libre exposición solar donde por condiciones de clima es necesaria la presencia de árboles de sombrío, es detrimental para la producción (Farfán, 2014).



Los sistemas de producción en sistemas agroforestales (SAF) o bajo sombra deben establecerse en zonas cuya temperatura media anual supere los 23,0°C, y si en determinados meses del año se presentan temperaturas máximas superiores a esta. También son recomendables para regiones donde la cantidad de lluvia anual sea inferior a los 1.200 mm, con períodos secos marcados durante más de cuatro meses continuos, en alguna época del año (primero o segundo semestre); estas condiciones de lluvia conducen a una falta de agua en el suelo o deficiencia hídrica, lo que provoca efectos negativos para el desarrollo y producción del cultivo. De igual manera, es necesario el establecimiento de sombra al café si la radiación solar supera las 1.800 horas de brillo solar al año, acompañada de una baja nubosidad (Jaramillo, 2005).

El clima cafetero del departamento del Huila

Variables de clima. La caficultura del departamento está ubicada entre los 1.200 y 2.000 m de altitud, con temperatura media anual de 18,9°C y brillo solar de 1.450 horas al año. Al analizar solo estos tres aspectos climáticos, podría deducirse que son las condiciones adecuadas para el establecimiento del cultivo a libre exposición solar, pero son la precipitación anual y las deficiencias hídricas marcadas, en períodos continuos del año, los que podrían ser limitantes para el cultivo, bajo este sistema (IGAC, 2017).

En este sentido, las deficiencias hídricas en el suelo donde se cultiva el café, superiores a 150 mm, por más de tres o cuatro meses continuos, son perjudiciales para el desarrollo vegetativo y productivo del cultivo; y ante esta situación, las alternativas son establecer riego en estas épocas o la implementación de sistemas de producción de café con el acompañamiento de árboles o en sistemas agroforestales (Jaramillo, 1982; Jaramillo, 2005; Peña et al., 2012; Ramírez et al., 2010).

Los síntomas iniciales observables en las deficiencias hídricas son marchitez de las plantas, amarillamiento y caída de hojas (Figura 2). En producción, las características sobresalientes son granos averanados, vaneamiento o falta de llenado del grano, y granos negros (Figura 3).



Figura 2. Síntomas iniciales de las plantas de café a la deficiencia hídrica del suelo. Finca La Vega, municipio de Teruel – Huila.



Figura 3. Síntomas en los granos de café a la deficiencia hídrica del suelo.

Precipitación mensual en cinco municipios del departamento de Huila. Variables de clima. En la Figura 4 se presentan las curvas de precipitación mensual en siete municipios de las subregiones Norte, Centro y Sur del departamento de Huila, durante el período 2015 a 2018 (Cenicafé, 2015, 2016, 2017, 2018). De las que puede extraerse que:

La precipitación media anual para las tres subregiones fue cercana a los 1.073 mm en 2015, 1.404 mm en 2016, 1.591 mm en 2017 y 1.338 mm en 2018, cantidades de lluvia anual que serían suficientes para el cultivo del café al sol; sin embargo, por su distribución bimodal anual, es decir, un período seco seguido de uno húmedo, hace que se presenten períodos secos, con deficiencias hídricas recurrentes en épocas determinadas del año. En la Figura 4, valores por debajo de los 150 mm (línea roja), indican deficiencias hídricas en el suelo.

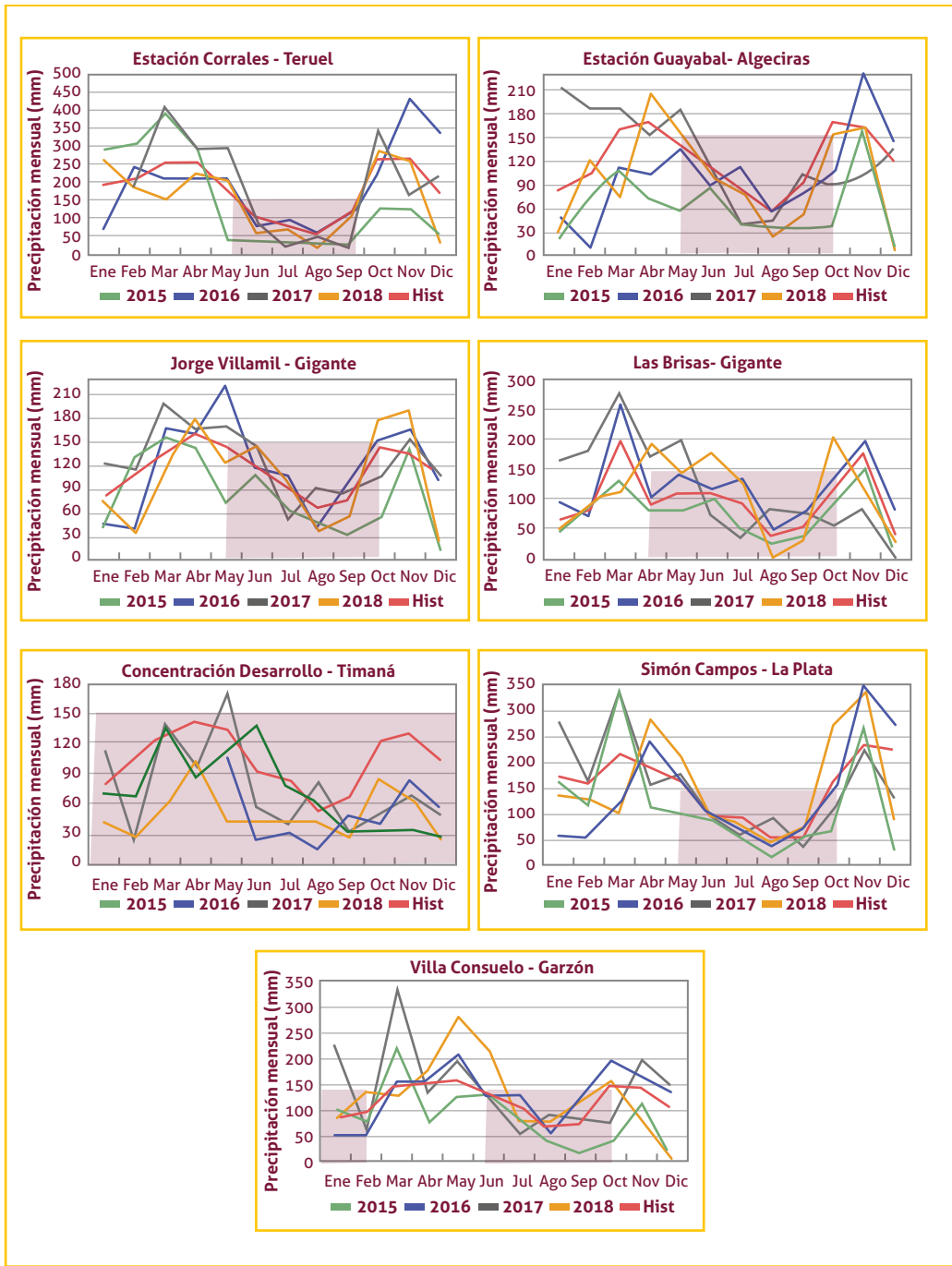


Figura 4. Curvas de precipitación mensual en seis municipios del departamento de Huila.

El análisis en este período, 2015 a 2018, a las estaciones meteorológicas convencionales y estaciones pluviométricas de los municipios Teruel, Algeciras, Gigante, Timaná, La Plata y Garzón, ubicados en las subregiones Norte, Centro y Sur del departamento, indica que

los períodos de deficiencia hídrica en el suelo oscilan entre tres y ocho meses del año, que pueden comprender los meses de mayo a septiembre (Tabla 1).

Tabla 1. Número de meses con déficit hídrico y deficiencia hídrica acumula, en siete estaciones pluviométricas del departamento de Huila.

Municipio	Estación	Año	Meses con déficit	Período	Deficiencia (mm)
Teruel	Corrales	2015	5	May - Sep	710
		2016	4	Jun - Sep	285
		2017	4	Jun - Sep	397
		2018	4	Jun - Sep	358
Algeciras	Guayabal	2015	7	Abr - Oct	710
		2016	4	Jun - Sep	285
		2017	5	Jul - Nov	397
		2018	4	Jun - Sept	358
Gigante	Jorge Villamil	2015	4	Jul - Oct	422
		2016	3	Jul - Sept	219
		2017	4	Jul Oct	284
		2018	3	Jul - Sept	267
Gigante	Las Brisas	2015	6	Dic - May	483
		2016	3	Dic - Feb	212
		2017	7	Jun - Dic	652
		2018	3	Dic - Feb	285
Timaná	Concentración Desarrollo	2015	6	Jul - Dic	637
		2016	7	Jun - Dic	757
		2017	7	Jun - Dic	678
		2018	8	May - Dic	832
La Plata	Simón Campos	2015	6	May - Oct	580
		2016	4	Jun - Sep	352
		2017	5	Jun - Oct	400
		2018	4	Jun - Sep	331
Garzón	Villa Consuelo	2015	4	Jul - Oct	413
		2016	-	-	-
		2017	4	Jul - Oct	288
		2018	3	Jul - Sep	172

De acuerdo con esta información y de las estaciones analizadas, las mayores limitantes por deficiencia hídrica se presentaron en la Estación Concentración Desarrollo en Timaná, con deficiencias hídricas cercanas a los 2.900 mm y hasta por ocho meses continuos; y en la Estación Guayabal en Algeciras, con deficiencias hasta de 1.750 mm, hasta por siete meses



Dadas las condiciones climáticas de algunas regiones del departamento de Huila es recomendable el establecimiento del café en sistemas agroforestales o bajo sombrío (Figura 5).



Figura 5. Sistema agroforestal con café. Finca El Cedral, municipio de Timaná – Huila.

Variedad de café a establecer

Se recomienda sembrar variedades mejoradas con resistencia durable a la roya del cafeto. Las variedades desarrolladas por Cenicafé son compuestas, lo que significa que son la mezcla de diferentes progenies, que difieren en su nivel de resistencia, pero que comparten excelentes atributos agronómicos como producción, calidad física del grano y calidad sensorial. Las variedades mejoradas con resistencia a la roya no requieren de la aplicación de fungicidas para el control de la roya, permitiendo la implementación de una caficultura rentable, sostenible y de calidad.

La única forma de garantizar la diversidad genética responsable de la resistencia estable y duradera a la roya es mediante la siembra de la semilla certificada producida por Cenicafé y adquirida en los Comités de Cafeteros o Almacenes del Café.



Las variedades Cenicafé 1, Castillo® General, Castillo® zonas Norte, Centro y Sur, y la variedad Tabi, se pueden establecer bajo sombrío, sin que se alteren sus cualidades productivas y de calidad.

Material de siembra – almácigos de café

Selección y siembra de chapolas. Sembrar chapolas sanas y vigorosas, provenientes de semilla certificada de las variedades antes mencionadas. Retirar las chapolas del germinador sin dañar la raíz, formar manojos y depositarlos sobre papel húmedo. Al sembrar la chapola en la bolsa, asegurarse que su raíz no quede doblada. Trasplantar las chapolas en las bolsas, cinco o seis meses antes de las épocas recomendadas para la siembra, según la localidad (Cenicafé, 2020 b).

Tamaño de bolsa, sustrato y encarre. El crecimiento y desarrollo normal de la raíz del colino de café está limitado por el tamaño de la bolsa. Cenicafé recomienda utilizar

bolsas de 17 cm de ancho x 23 cm de alto. Estas bolsas permiten mantener en buen estado los colinos hasta por seis meses. El sustrato debe contener de dos a tres partes de suelo por una parte de materia orgánica, como pulpa de café, gallinaza, pollinaza o lombricompostado (Cenicafé, 2020 C).

Fertilización. Para obtener colinos sanos y bien nutridos, puede emplearse abono orgánico en mezcla con el suelo o aplicar difosfato de amonio (DAP). Al momento de la siembra de la chapola, deben aplicarse micorrizas como *Glomus* sp. y *Entrophospora* sp., en dosis de 20 g por cada bolsa, y adicionalmente aplicar 2 g de DAP por bolsa, a los dos y cuatro meses después de siembra de chapola. Tener en cuenta que la fertilización foliar de las plantas en el almácigo es innecesaria, es un sobre costo y puede llevar a toxicidad de las plantas (Cenicafé, 2020 D).

Densidad de siembra del café bajo sombrío

La densidad de siembra del cultivo de café es un factor clave en la producción que debe definirse desde la etapa de establecimiento, para optimizar el uso del terreno en el sistema de producción. La densidad de siembra se define como el número de plantas a establecer por unidad de área; generalmente, se refiere al número de plantas establecidas en una hectárea. Los resultados de las investigaciones realizadas en el departamento de Huila sobre densidades de siembra del café bajo sombra, se presentan más adelante.

Sítios de realización del estudio. Se seleccionaron fincas en los municipios cafeteros de Tello, Algeciras, y Teruel, ubicados en la subregión cafetera Norte del departamento; en Tarqui y Garzón en la subregión Centro; y en Timaná ubicado en la subregión Sur (Tabla 2).

Tabla 2. Sitios de realización del estudio sobre densidades de siembra del café bajo sombrío.

Municipio	Vereda	Finca	Altitud (m)
Tello	La Cabaña	La Granja	1.079
Teruel	Sinaí	La Vega	1.200
Algeciras	Pinares	El Rancho	1.299
Garzón	Caguancito	El Crisol	1.447
Tarqui	Bélgica	La Ponderosa	1.350
Timaná	San Antonio	El Cedral	1.380

Material vegetal. De café se empleó la Variedad Castillo® General, y como sombrío se estableció *Albizia carbonaria* Britton. (carbonero, galapo) y *Erythrina fusca* Lour. (cámbulo o cachingo), ambas de la familia Fabaceae, a densidades de 70 árboles/ha.

Densidades de siembra del café evaluadas. Se evaluaron cuatro densidades de siembra, entre las 5.000 y 8.000 plantas/ha, distribuidas en tres arreglos espaciales, uno al cuadro, uno al rectángulo con los surcos en sentido Norte-Sur (1), y otro al rectángulo con los surcos en sentido Oriente- Occidente (2) (Tabla 3).

Tabla 3. Densidades de siembra del café y arreglos espaciales evaluados.

N°	Densidad siembra	Arreglo espacial	N°	Densidad siembra	Arreglo espacial	N°	Densidad siembra	Arreglo espacial
1	8.246	Cuadro	5	8.333	Rectángulo 1	9	8.333	Rectángulo 2
2	6.944	Cuadro	6	6.993	Rectángulo 1	10	6.993	Rectángulo 2
3	5.917	Cuadro	7	5.952	Rectángulo 1	11	5.952	Rectángulo 2
4	5.102	Cuadro	8	5.128	Rectángulo 1	12	5.128	Rectángulo 2

Producción registrada en las parcelas de investigación

En la Figura 6 se presenta la producción registrada en las parcelas de investigación, en kilogramos de café cereza, en un ciclo de evaluación comprendido entre 2017 y 2020, por localidad o municipio. En la Tabla 4 se presentan las producciones acumuladas promedio (kg ha^{-1} de café pergamino seco-cps), registradas en cada tratamiento evaluado, por cada una de las localidades.

De acuerdo a los resultados de las investigaciones sobre respuestas en producción de café, al variar la densidad de siembra y la disposición de las plantas en el campo, se obtuvieron los siguientes resultados:

Municipio de Algeciras. Las mayores producciones se obtienen con el establecimiento del café a densidades de siembra de 8.000 plantas/ha, con iguales distancias de siembra entre plantas y entre surcos, al cuadro.

Municipio de Tello. Las máximas producciones se obtienen con el establecimiento del café a densidades de siembra de 8.000 plantas/ha, con distribución de los surcos de café en sentido Norte-Sur o al rectángulo 1, de acuerdo a los tratamientos formulados.

Municipio de Garzón. Las máximas producciones se obtienen con el establecimiento del café a densidades de siembra de 8.000 plantas/ha, con distribución de los surcos de café en sentido Norte-Sur o al rectángulo 1, de acuerdo a los tratamientos formulados.

Municipio de Tarqui. Las mayores producciones se obtienen con el establecimiento del café a densidades de siembra de 8.000 plantas/ha, en cualquiera de los arreglos espaciales del café evaluados, al cuadro o al rectángulo.



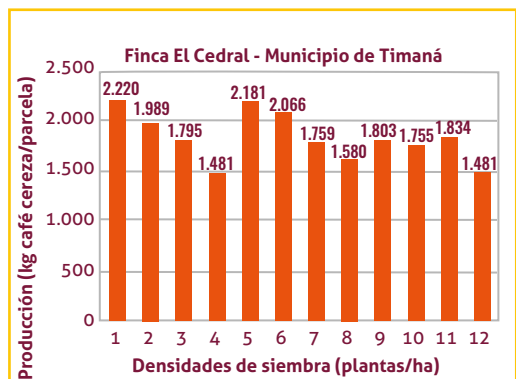
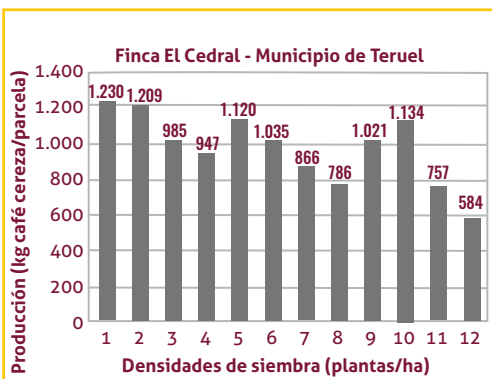
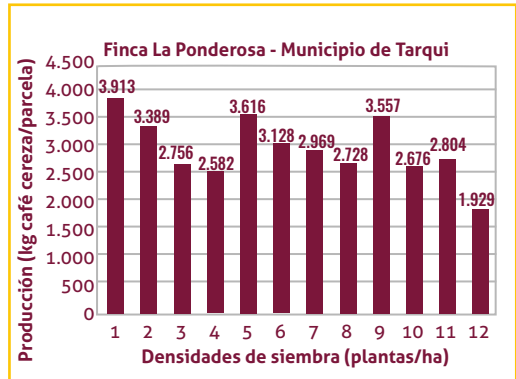
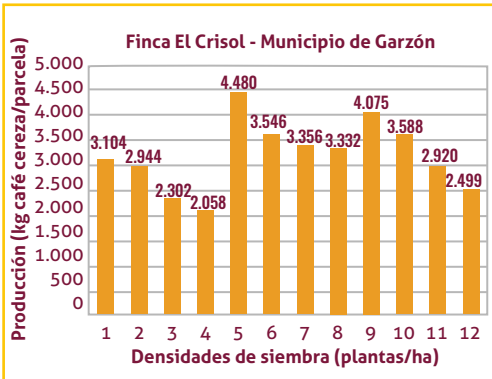
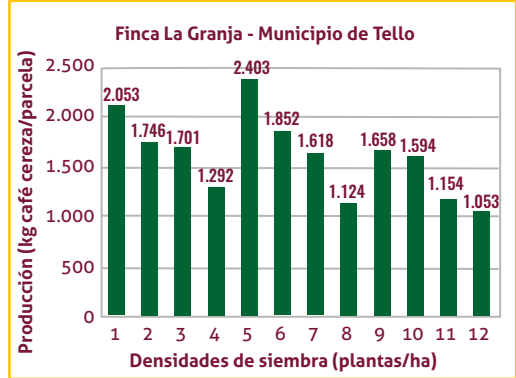
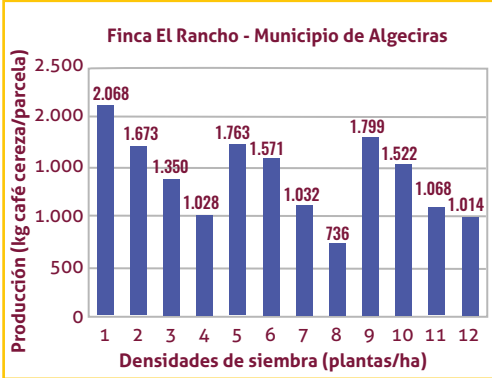


Figura 6. Producción registrada en las parcelas de investigación (kg de café cereza), en un ciclo de evaluación comprendido entre 2017 y 2020, por localidad o municipio.

Tabla 4. Promedio de las producciones acumuladas (kg ha⁻¹ de cps) registradas en cada tratamiento evaluado, por cada una de las localidades.

Trat.	Producción acumulada promedio (kg ha ⁻¹ de cps)						Promedio
	Algeciras	Tello	Garzón	Tarqui	Teruel	Timaná	
1	6.188	6.188	9.291	11.712	3.682	6.645	7.277
2	5.255	5.255	9.250	10.649	3.799	6.250	6.781
3	4.631	4.631	7.896	9.556	3.379	6.157	6.242
4	3.040	3.040	6.087	7.637	2.801	4.380	4.628
5	5.305	7.362	13.725	11.078	3.431	6.682	7.930
6	5.051	5.954	11.497	10.057	3.326	6.643	7.088
7	3.303	4.939	10.244	9.062	2.642	5.369	5.926
8	2.523	3.855	11.429	9.357	2.696	5.481	5.890
9	5.205	4.797	11.791	10.292	2.954	5.217	6.709
10	4.871	5.102	11.483	8.564	3.629	5.617	6.544
11	3.250	3.513	8.890	8.537	2.305	5.584	5.346
12	3.465	3.600	8.543	6.595	1.997	5.063	4.877

Municipio de Teruel. Las mayores producciones se obtienen con el establecimiento del café a densidades de siembra entre 7.000 y 8.000 plantas/ha, en cualquiera de los arreglos espaciales del café evaluados, al cuadro o al rectángulo.

Municipio de Timaná. Las máximas producciones se obtienen con el establecimiento del café a densidades de siembra de 8.000 plantas/ha, con distribución de los surcos de café en sentido Norte-Sur o al rectángulo 1, o al cuadro, de acuerdo a los tratamientos formulados.



La densidad de siembra del café en el departamento de Huila, al establecerse o ajustar el sistema de producción en sistemas agroforestales, podría fijarse entre 7.000 y 8.000 plantas/ha, en cualquier arreglo espacial.

Ciclo de producción o renovación del cultivo

El cultivo del café requiere de renovaciones periódicas y programadas de los árboles después que alcanzan su pleno desarrollo, si se quiere mantener un promedio de producción por unidad de superficie alto y rentable. Si no se hace renovación periódica, la producción declina año tras año, debido a la competencia por espacio, luminosidad y por efecto del deterioro físico de las plantas, que generalmente se doblan y se quiebran durante la labor de recolección (Farfán, 2020).

Diversas investigaciones realizadas por Farfán (2020) y en diferentes localidades del país, se obtuvo que en la zona cafetera Norte de Colombia (Norte de Santander), el ciclo de renovación del café Variedad Castillo®, determinado cuando la plantación alcanza el nivel de máxima producción, puede fijarse entre la tercera y cuarta cosecha, para densidades de siembra del café entre 7.200 y 9.000 plantas/ha.

En las zonas cafeteras Norte y Centro del país (Estaciones Experimentales de Pueblo Bello y Naranjal) con densidades de siembra del café superiores a las 6.000 plantas/ha, Farfán (2020) estableció que el ciclo para la renovación del café deberá realizarse una vez recolectada la quinta cosecha de café.



El ciclo de renovación podría fijarse posterior a la recolección de la quinta cosecha de café¹, para densidades de siembra entre 7.000 y 8.000 plantas/ha.

Época para la renovación del cultivo

La época de renovación está estrechamente relacionada con los períodos de cosecha del café. En Colombia se produce café durante todo el año; se obtienen dos cosechas, una de mayor volumen denominada “cosecha principal” y otra llamada “travesía o mitaca”, por lo tanto, la renovación debe realizarse según se presenta en la Figura 7 (Farfán, 2020).



¹ La recomendación, basada en resultados de investigaciones en diferentes localidades, se da debido a que los ciclos de producción evaluados no permitieron definir los ciclos para la renovación del café en el departamento de Huila.



En el departamento de Huila, si la cosecha principal ocurre entre los meses de abril a junio, la renovación deberá realizarse a inicios del segundo semestre.

Luminosidad

En Colombia es común establecer sombrío en los cafetales durante los primeros años después del establecimiento del cultivo, con plantas de corta duración, formando lo que se llama “sombrío transitorio”; posteriormente, se establece el sombrío permanente. En los primeros años de vida del cafeto su producción es escasa y por eso los caficultores tratan de compensar esta diferencia, estableciendo plantas de sombrío que produzcan algún fruto útil y a la vez se da tiempo al sombrío permanente para su establecimiento.

Las especies empleadas como sombrío transitorio deben ser de rápido crecimiento y tener una vida entre dos y cuatro años, tiempo en el cual el sombrío permanente debe estar cumpliendo su función; estas especies deben ser de rápida regeneración y que se adapten bien a las condiciones climáticas y de suelos donde se establecen, preferiblemente que no sean hospedantes de plagas y enfermedades, y que no requieran demasiada mano de obra para su mantenimiento.

Adicionalmente, las especies para el sombrío transitorio deben tener la capacidad suficiente para dar sombra al café en su fase de establecimiento y protegerlo de condiciones climáticas adversas, deben conservar el suelo, ser fáciles de eliminar al final del ciclo y su distribución en el campo no debe afectar el trazado y siembra del café, y preferiblemente que sirvan como fuente de abonos verdes y que ofrezcan alguna utilidad económica al caficultor (Farfán, 2016).

En el departamento de Huila se tuvieron experiencias y resultados positivos cuando se estableció como sombrío transitorio para el café, la especie leguminosa tefrosia, *Tephrosia candida* DC. (Fabaceae) (Figura 8). Entre las características distintivas de esta especie se puede indicar que son plantas arbustivas que alcanzan hasta los tres metros de altura. Las hojas poseen folíolos numerosos, sus flores son vistosas de color morado o violáceo, vainas grandes pubescentes. La primera floración se presenta de los tres a cinco meses, produciendo legumbres que miden de 7,5 a 10,0 cm. Las semillas y raíces son venenosas. La tefrosia es empleada como abono verde en cultivos manejados con prácticas orgánicas. Las plantas soportan las podas y rebrotan fácilmente. Crece muy bien en suelos pobres y es muy utilizada como sombrío transitorio en cultivos de café y cacao.



Figura 8. Cultivo de café con sombrío transitorio de tefrosia. Finca La Granja, municipio de Tello – Huila.

Distancias de siembra del sombrío transitorio. Para el departamento de Huila se sugieren las distancias y densidades de siembra del sombrío transitorio (Tabla 5), de acuerdo con las distancias de siembra del café para alcanzar densidades entre 6.000 y 8.000 plantas/ha.

Tabla 5. Distancias de siembra de la tefrosia, de acuerdo a las distancias de siembra del café.

Café			Tefrosia			
Surcos (m)	Plantas (m)	Densidad (plantas/ha)	Surcos (m)	Plantas (m)	D.S.I (plantas/ha)	D.S.F (plantas/ha)
1,2	1,0	8.333	1,2	0,40	20.800	10.400
1,2	1,2	6.944	1,2	0,40	20.800	10.400
1,3	1,2	6.410	1,3	0,40	19.200	9.600
1,5	1,1	6.061	1,5	0,30	22.200	11.100
1,4	1,2	5.952	1,4	0,35	20.400	10.200

Surcos. Distancia entre surcos; Plantas. Distancia entre plantas; D.S.I. Densidad de siembra inicial; D.S.F. Densidad de siembra final.

Manejo del sombrío transitorio. El manejo del sombrío transitorio, de acuerdo a la distancia de siembra, se centra básicamente en el raleo o eliminación periódica de plantas, hasta obtener una densidad de siembra cercana las 10.000 plantas/ha (Tabla 6). Los raleos se realizan cuando inicia la floración de la tefrosia. A los tres años de establecido el sombrío transitorio, y cuando el sombrío permanente está cumpliendo su función, debe eliminarse gradualmente. Tanto las plantas raleadas frecuentemente, como las eliminadas al final del ciclo, se repican y esparcen a lo largo de las calles del café para ser incorporadas al suelo como abono verde.

Tabla 6. Manejo del sombrío transitorio del café.

D.I. surcos (m)	D.I. plantas (m)	Manejo	PD.F. surcos (m)	D.F. plantas (m)
1,2	0,40	Raleo del 50% de las plantas, una por medio en cada surco	1,2	0,8
1,2	0,40	Raleo del 50% de las plantas, una por medio en cada surco	1,2	0,8
1,3	0,40	Raleo del 50% de las plantas, una por medio en cada surco	1,3	0,8
1,5	0,30	Raleo del 50% de las plantas, una por medio en cada surco	1,5	0,6
1,4	0,35	Raleo del 50% de las plantas, una por medio en cada surco	1,4	0,7

D.I. Distancia inicial entre surcos y plantas; D.F. Distancia final entre plantas y surco.

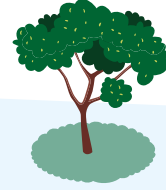


Si el sistema de producción de café en el departamento del Huila es con sombrío permanente, debe establecerse el sombrío transitorio durante la fase de levante o vegetativa del cultivo.

Sombrío permanente para el café

Se identificaron las siguientes especies de árboles que pueden ser empleados como sombrío del café. Estos árboles deben establecerse como sombríos permanentes, es decir, no deben ser eliminados en ninguna fase del cultivo.

Albizia carbonaria Britton, Fabaceae



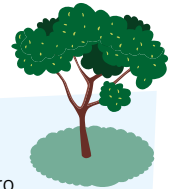
Nombre Común: Carbonero, galapo, pisquín, carbonero gigante, guamucho, dormilón, bayeto.

Árbol de 20 a 30 m de altura, tallo recto de más de 10 m y copa extendida, lo que lo hace ideal como sombrío para el café. Este árbol proporciona un sombrío suave o ralo, sus frutos son legumbres de 8 a 11 cm de largo y semillas secas. La corteza se desprende fácilmente y su madera es liviana. En Colombia se encuentra cultivada y espontánea en zonas entre 700 - 1.700 m, se cultiva en el paisaje cafetero, y crece espontáneo en lechos de ríos y bosques mixtos; se ha naturalizado tanto en Colombia que aparecen grandes poblaciones de esta especie en áreas degradadas, en suelos pobres y bien drenados, y es exigente en luz.

Sistema agroforestal. Es la especie preferida como sombra para café, porque mantiene las hojas en la estación seca, es una leguminosa con alto contenido en nitrógeno en las hojas (4% de la materia seca). En terrenos planos puede establecerse a distancias de 14,0 m entre plantas y entre surcos; si las pendientes superan el 15% puede establecerse a distancias de 12,0 m x 12,0 m (70 árboles/ha) (Farfán, 2007).

Producción de biomasa. No es una especie productora de una gran cantidad de biomasa. De esta especie se han obtenido a los 11 meses de edad, hasta 114,5 kg de biomasa verde; hay que recalcar que su uso más importante es como sombrío.

Erythrina fusca Lour., Fabaceae



Nombre Común: Cámbulo, cantagallo, písamo calentano, poró, cachimbo, cachingo, búcaro.

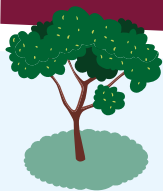
Árbol de 10 a 20 m de altura, tallo retorcido de 3 a 5 m, copa estrecha y cerrada, hojas verde-blancuzcas y flores anaranjadas, los frutos son legumbres o frijoles largos y delgados, con semillas negras. El árbol es frondoso, con espinas romas en el tallo principal y agudas en las ramas, corteza rojiza con brillo metálico en las partes jóvenes. Puede propagarse por estacones o estacas. En los lugares donde se encuentra espontáneo forma bosques, a lo largo de pantanos y ríos. Crece en zonas con altitudes entre 0 y 1.600 m, y temperaturas mayores de 19°C. Cultivado en el paisaje cafetero y espontáneo en el bosque mixto. Esta especie es recomendada como sombrío para cafetales.

Sistema agroforestal. Su uso principal es como árbol de sombra para café y cacao. El establecimiento como sombrío del café puede hacerse a distancias entre plantas y surcos de 12,0 m, si se establece como barreras vivas de árboles, puede sembrarse a distancias más cortas, 6,0 x 6,0 m o 9,0 x 9,0 m, si las pendientes del terreno son superiores al 50%. Como cerca viva puede establecerse a distancias de 3,0 m entre plantas. Es preferida frente a otras especies por la rapidez de su establecimiento, crecimiento y la gran producción de biomasa.

Producción de biomasa. Plantada en rodales puros a 2,0 x 2,0 m puede producir cerca de 2,7 t ha-año⁻¹ de biomasa y establecida en sistemas agroforestales a 4,0 x 4,0 m puede aportar hasta 30 t ha-año⁻¹ de materia seca (Farfán, 2007).

3

Inga edulis Mart., Fabaceae



Nombre Común: Guamo rabo de mico, guamo santafereño, guajinicuil, guabo, guaba chilillo, guamo, rabo de mono, guamo churimo, guabillo.

Árbol que alcanza hasta los 30 m de altura, de tallo recto cilíndrico con corteza marrón claro, copa densa, ancha, aparasolada, que alcanza diámetros hasta de 15 m. Sus hojas son compuestas de 15 a 25 cm de longitud, de color verde oscuro, flores blancas y sus frutos son legumbres de 40 a 180 cm de largo, de color café verdusco, carnosos, con numerosas semillas negras en su interior, rodeadas por un arilo blanquecino, algodonoso y comestible. Las semillas no requieren tratamiento pregerminativo. Con floración abundante cada cuatro meses.

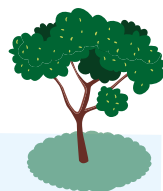
Se distribuye desde los 0 a 1.800 m, con precipitaciones de 800 a 1.200 mm por año, con una estación seca de hasta 4 meses y temperaturas de 20 a 26°C. Es común encontrarla a la orilla de caminos y ríos en formaciones de bosque secundario. Tolerancia a suelos semipermeables, con altos contenidos de aluminio. Fructifica en la estación húmeda. El período óptimo para la recolección de frutos es entre julio y agosto. Los frutos se recolectan directamente del árbol o del suelo.

Sistema agroforestal. Usada principalmente como árbol de sombra en cultivos de café, establecido a distancias de 12,0 x 12,0 m, es seleccionada como buen árbol para sombra por su fácil germinación por semilla, rápido crecimiento, capacidad de fijar nitrógeno, adaptabilidad a una amplia variedad de suelos, incluyendo ácidos y mal drenados, producción de abundante materia orgánica lo que contribuye al control de arvenses, transferencia de nutrientes y conservación de la humedad del suelo.

Producción de biomasa. El guamo santafereño en asociaciones con café como sombrío, pueden aportar cerca de 11,0 t ha-año⁻¹ de materia seca, 199,0 kg de N, 7,7 kg de P, 48,9 kg de K, 158 kg de Ca y 27,3 kg ha-año⁻¹ de Mg (Farfán, 2007).

4

Inga densiflora Bent., Fabaceae



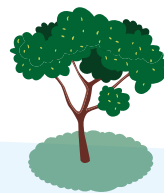
Nombre Común: Guamo macheto.

Árbol de 5 a 8 m de altura, tallo recto muy ramificado, copa del árbol poco extendida y estrecha, follaje verde oscuro, brillante, y denso, flores blancas, los frutos son vainas o legumbres anchas de color verde, planas y retorcidas, de hasta 40 cm de longitud, con semillas negras, con una carnosidad blanca, envolvente y comestible. La semilla inicia la germinación directamente en el fruto maduro. Este árbol se encuentra espontáneamente entre los 1.000 y 1.500 m de altitud y 19,5 a 22,5°C. Se cultiva en el paisaje cafetero. Crece bien en suelos profundos, bien aireados y bien drenados. Ha sido una especie apta para recuperación de suelos. Se encuentra asociada a los cafetales como sombrío. Útil como rompeviento.

Sistema agroforestal. En sistemas agroforestales además de ser útil como sombrío para el café establecido a distancias cortas (9,0 x 9,0 m), puede establecerse como cortina rompevientos; en SAF se cumplen las mismas funciones anteriores para este género.

Producción de biomasa. El guamo macheto en asociaciones con café como sombrío y establecido a 6,0 x 6,0 m aporta cerca de 6,0 t ha-año⁻¹ de materia seca, 115,8 kg de N, 3,0 kg de P, 32,4 kg de K y 9,0 kg ha-año⁻¹ de Mg (Farfán, 2007).

Erythrina poeppigiana (Walp.) O.F.Cook, Fabaceae



Nombre Común: Písamo, cachimbo, bucayo, búcaro, cámbulo saivo, cámbulo.

Árbol de más de 20 m de altura, tallo recto de 10 m, copa extendida, follaje denso, hojas ovaladas con las venas prominentes por el envés, flores como gallitos, vistosas y rojas, los frutos son vainas o frijoles de 10 cm de largo, que guardan unas seis semillas de color café-rojizo; en algunas regiones se comen las vainas a manera de legumbre. Posee espinas en el tallo. Se encuentra cultivado y espontáneo en zonas de 600 a 1.400 m y temperaturas de 20,5 a 24,5°C.

Cultivado en el paisaje cafetero y espontánea en el lecho de ríos. Su follaje sirve como abono y forraje. Es una especie fijadora de nitrógeno y apta para la recuperación de suelos, además de servir como cerca viva y sombrío, especialmente en el departamento de Santander. Crece en suelos de textura franco arcillosa a franca, con drenaje regular a algo excesivo. Es poco exigente a la fertilidad, se desarrolla también en suelos pobres, arenosos profundos y arcillosos.

Sistema agroforestal. Se emplea en sistemas agroforestales de todo tipo, agrosilvícolas, silvopastoriles y agrosilvopastoriles. Es una de las especies más importantes para sombra en café y puede establecerse a densidades de 70 árboles/ha, posee gran tolerancia a podas frecuentes durante largo tiempo, que permite ajustar la sombra del cultivo principal. Empleada como cercas vivas, puede plantarse a distancias de 3,0 m entre plantas.

Producción de biomasa. El Písamo, como sombrío, tiene el potencial de producir 39,1 t ha-año⁻¹ de materia seca y transferir al suelo 114,8 kg ha-año⁻¹ de N, 5,1,4 kg ha⁻¹ de P, 237,0 kg de K, 433,5 kg ha⁻¹ de Ca y 118,4 kg ha⁻¹ de Mg (Farfán, 2007).

Leucaena leucocephala (Lam.) de Wit, Fabaceae



Nombre Común: Leucaena, carbonero blanco, acacia blanca, panelo, tamarindillo, acuna, guaje, yaje, hediondilla, sarcilla, lino criollo, aroma blanca, aroma mansa, acacia forrajera.

Árbol que alcanza hasta los 20 m de altura, corteza lisa y ligeramente fisurada, copa ligeramente abierta y rala, lo que la hace una especie de características adecuadas para el sombrío del café. Hojas compuestas, flores blancas y suavemente perfumadas, frutos en vainas aplanadas de 10 a 20 cm de largo, que se abren por sí solos, de color verde cuando están tiernas y se tornan color café cuando maduran, con 15 a 25 semillas cada una.

Es una especie de crecimiento rápido. Se encuentran distintas variedades nativas y se adapta bien casi desde el nivel del mar hasta los 900 m de altitud, y a sitios con 600 a 2.300 mm anuales de precipitación, con un período seco de cinco a seis meses. La temperatura óptima para el buen desarrollo de esta especie varía entre 22 y 29°C. Crece espontáneamente en lechos de ríos. Es una especie que tolera un amplio rango de suelos, desde rocosos hasta arcillosos, pero no crece bien en suelos ácidos, ni muy pesados, inundados o sobrepastoreados. La leucaena es excelente para leña y carbón,

Sistema agroforestal. Se cultiva como árbol de sombra para café, a menudo en asocio con *Inga* sp. y *Erythrina* sp. Si se establece como sombrío estratificado debe hacerse a distancias de 12,0 x 12,0 m. También se emplea como barrera viva, en linderos o como cercos vivos.

Producción de biomasa. La producción de biomasa (peso total de materia seca después de las podas y raleos) es en promedio de 22 t ha-año⁻¹ (Farfán, 2007).

7

***Albizia guachapele* (Kunth) Dugand, Fabaceae**

Sinonimia: Pseudosamanea guachapele

Nombre Común: Igua, igua amarillo, falso samán, nauno, roble amarillo.

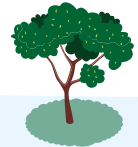
Árbol con altura superior a 20 m, tallo con fuste recto superior a 10 m, corteza de color grisáceo y fisurada finamente, madera amarilla, copa abanicada, hojas alternas de 40 a 60 cm de largo, follaje denso y permanente; el fruto es una legumbre (en forma de vaina) aplanada y sedosa (con una vellosidad corta y densa) de color pardo.

El árbol crece espontáneo y cultivado en zonas de 0 a 1.300 m, aunque crece mejor por debajo de los 800 m, en sitios con un nivel freático alto, prefiere suelos fértiles, pero tolera los infértiles y poco profundos. Es un árbol de crecimiento rápido, se adapta bien a las regiones cafeteras colombianas y es muy valioso por la calidad de la madera, ya que tiene resistencia a plagas. En su rango nativo se encuentra en áreas húmedas, subhúmedas y secas, a menudo en bosques de galería y en particular a lo largo de cursos de agua. Es una especie pionera, de rápido crecimiento y muy abundante en bosque seco secundario. Aunque es heliófila tolera sombra parcial de joven. Es algo resistente al fuego, no tolera heladas o suelos pesados con mal drenaje. Muy sensible a vientos, los cuales afectan mucho su supervivencia, forma y crecimiento.

Sistema agroforestal. Principalmente se da como árboles grandes, extensos y abiertos en pasturas, así como a veces en jardines. Se ha usado en plantaciones de pequeña escala (<200 ha), para madera de aserrío y puede encontrarse como árbol de sombra en cafetales. También se ha cultivado en plantaciones puras y mixtas a diferentes espaciamientos y en diferentes lugares.

Producción de biomasa. Las hojas se descomponen rápidamente por lo que pueden ser usadas también como abono verde para cultivos. Es una especie fijadora de nitrógeno (Farfán, 2007).

8

Pseudosamanea saman

Nombre común: Samán, campano, nauno.

Árbol de hasta 20 m, copa alta y ancha, de grandes y simétricas coronas, que forma de un paraguas muy extenso, su copa llega a medir hasta 50 m o más de diámetro; tiene hojas compuestas, dispuestas en pares de tres a nueve, y hasta de 10 cm de largo; las flores son rosadas, se reúnen en inflorescencias vistosas situadas al final de las ramitas; los frutos son legumbres o vainas oscuras de 8 a 20 cm de largo. Esta especie se utiliza como forrajera por sus legumbres verdes y por sus semillas que son comestibles. También se cultiva como ornamental.

Es un árbol de crecimiento lento, sus raíces son superficiales y es de vida larga. Se reproduce por semilla. Las vainas son un importante suplemento como forraje para el ganado durante la estación seca. La madera es de alta calidad para muchos propósitos y también proporciona leña y carbón de calidad.

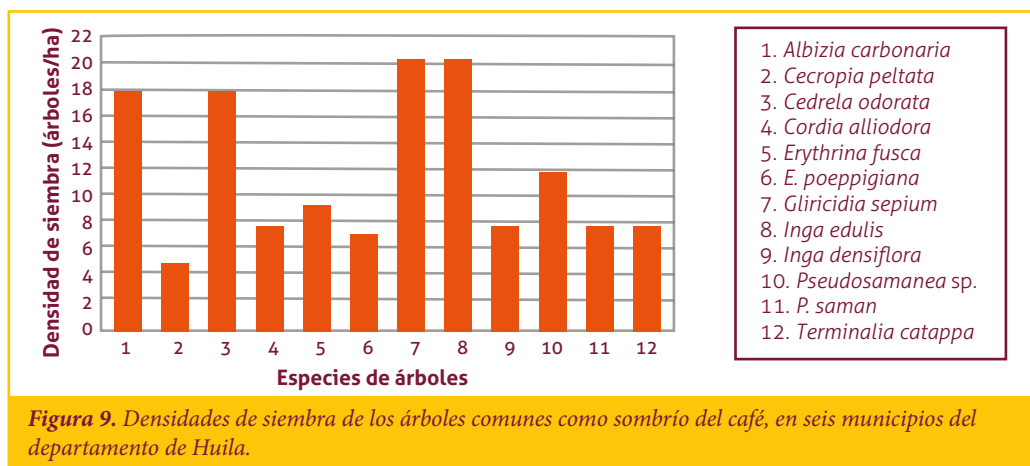
Forma parte de bosques perennifolios y estacionalmente secos, pero en particular de aquellos abiertos de sabana. Muchos de los árboles que se encuentran en pastos pueden ser remanentes de bosques pasados. Es una especie pionera, que coloniza claros y campos abandonados.

Sistema agroforestal. Es una especie que requiere luz, con un extenso sistema radical y una copa amplia y extensa, no es apta para plantarla en espaciamientos cerrados bajo condiciones de plantación forestal. La especie crece bien a espaciamientos amplios, típicamente 10-20 árboles/ha. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que sus copas producen sombra excesiva, por lo que se debe buscar un equilibrio para proporcionar suficiente sombra (Farfán, 2007).

Densidades de siembra de los árboles comunes empleados como sombrío

En la Figura 9 se presentan las densidades de siembra, expresadas en el número de árboles por hectárea, comúnmente empleadas como sombrío en los sistemas de producción de café, en los seis municipios cafeteros del departamento de Huila.

Las máximas densidades de siembra de los árboles son de las especies *Albizia carbonaria*, *Gliricidia sepium* e *Inga edulis*; especies como *Inga densiflora* y *Cordia alliodora* se encuentra a densidades de ocho árboles por unidad de área; en términos generales, las densidades de siembra de los árboles para el sombrío del café, son muy bajas. Farfán (2014) sugiere como densidades de siembra óptimas para el café, 70 árboles/ha, para asegurar un nivel de sombreado óptimo, realizando un manejo adecuado y oportuno de los árboles.



El porcentaje máximo de sombra para el café

En la Tabla 7 se presentan los máximos porcentajes de cobertura o sombreado de los árboles a mantener en el cultivo del café, según el número de horas de brillo solar anual, en cinco estaciones meteorológicas convencionales del departamento de Huila (Farfán y Jaramillo, 2009).


Tabla 7. Porcentaje de sombra máximo para el café, según el número de horas de brillo solar anual, en cinco localidades del departamento de Huila.

Estación	Municipio	Altitud (m)	Brillo solar (Horas)	Sombrío (%)
Jorge Villamil	Gigante	1.500	1.187	23,2
E. A. La Plata	La Plata	1.070	1.497	29,3
Palacio Vega Larga	Neiva	1.100	1.501	29,4
Zuluaga	Garzón	1.623	1.177	23,0
Jorge Villamil	Gigante	1.420	1.153	22,6


De los registros de número de horas de brillo solar anual, de estas cinco estaciones meteorológicas, podría inferirse que el máximo porcentaje de sombra para el café oscila entre el 20% y 30%. Del manejo y regulación periódica del sombrío (Farfán, 2019), procurando buena calidad y cantidad de luz dentro del cultivo (Figura 10), dependerán los máximos niveles de producción a alcanzar.



Figura 10. Árboles de bien manejados y con sombra regulada.



Dadas las características de clima en algunas regiones cafeteras del departamento, los sistemas agroforestales con café deben establecerse con especies leguminosas, que permanezcan acompañando el cultivo durante todo su ciclo de vida, aproximadamente 20 años, es decir, sombrío permanente; establecido a distancias de 12,0 x 12,0 m, o 70 árboles/ha.



El sombrío permanente debe regularse frecuentemente para garantizar un porcentaje de cobertura o sombreamiento entre 23% y 30%, y evitar afectar la producción.

La secuencia para el establecimiento del sistema es:



Trazado y siembra del sombrío permanente a densidad de 70 árboles/ha.

Trazado y siembra del café a densidades entre 6.000 y 8.000 plantas/ha.

Trazado y siembra del sombrío transitorio a densidades de 10.000 plantas/ha.

Nutrición del cultivo del café bajo sombrío

Para la expresión del potencial de un sistema de producción, además del conocimiento de los factores relacionados con los elementos climáticos, del suelo y el cultivo específico, se requiere de un programa de manejo de la nutrición, adecuado y eficiente, que garantice el suministro de las cantidades de nutrimentos necesarios para mantener una máxima productividad y rentabilidad del cultivo, que además minimice el impacto ambiental (Arcila y Farfán, 2007). También merece especial atención la nutrición del cultivo, cuando se desarrolla en condiciones de monocultivo y a plena exposición solar, caso en el cual las necesidades nutricionales son mucho mayores que cuando se realiza el cultivo en sistemas con sombra. El conocer los requerimientos nutricionales de la planta no es condición suficiente para obtener óptimas producciones, además es necesario tener en cuenta los requerimientos según los sistemas de cultivo, las cantidades a aplicar, los métodos y las épocas de aplicación, las fuentes de los nutrimentos a utilizar y cómo afectan las condiciones ambientales la disponibilidad de los elementos.

La nutrición del café bajo sombrío, al igual que en sistemas de producción al sol, debe basarse en los resultados de los análisis de suelos, estos análisis permiten:

- **Conocer cuáles nutrimentos deben aplicarse en un cafetal, según su edad y sistema de cultivo.**
- **Saber qué problemas tiene el suelo y cómo solucionarlos, con aplicación de correctivos.**
- **Cómo hacer más eficientes las aplicaciones de fertilizantes, haciendo un mejor uso de los recursos.**
- **Definir áreas o lotes en la finca, por niveles de producción.**



Consideraciones finales

De los resultados obtenidos de tres actividades de investigación, se puede inferir que:

- Si los sistemas de producción de café están ubicados en regiones donde se presenten deficiencias hídricas en el suelo superiores a 150 mm por mes y por más de cuatro meses continuos, y que además en épocas secas o ante eventos El Niño, se registren temperaturas superiores a 25°C, incremento en el número de horas del brillo solar anual por encima de las 1.800 horas y reducciones en la precipitación por debajo de los 1.500 mm, el café debe establecerse en sistemas agroforestales o bajo la protección de árboles de sombrío.
- En los municipios cafeteros del departamento del Huila, donde se desarrollaron los estudios, es necesario realizar el ajuste del sistema de producción, lo que significa cambiar de caficultura a libre exposición solar a caficultura bajo sombra;

esto como medida de adaptación de los sistemas de producción a la variabilidad climática.

- Si no se realiza el ajuste a los sistemas de producción, como recomendación producto de las investigaciones, en épocas secas seguirá siendo frecuente la presencia de plantas con grados severos de marchitez por falta de agua, defoliación parcial o severa, amarillamiento general del follaje, y efectos en el desarrollo del grano manifiesto por los denominados granos negros, averanados o malformados, lo que afectará severamente la producción y la sostenibilidad económica del caficultor.
- Como sombrío del café se sugiere establecer especies leguminosas como *Inga edulis*, *I. densiflora* (guamos), *Albizia carbonaria* (carbonero gigante), *Erythrina fusca* y *E. poeppigiana* (cachingo, cámbulo), como sombrío simple o con una sola especie, o sombrío compuesto (dos o más especies).
- Los árboles de sombrío deberán establecerse a densidades de 70 árboles/ha y realizar el mantenimiento periódico para garantizar un porcentaje de sombreado entre el 25% y 30%; este porcentaje está en función del número de horas de brillo solar anual, donde se establecerán los árboles.
- En siembras nuevas de café o renovaciones por siembra se recomienda el establecimiento del sombrío transitorio; se sugiere la especie *Tephrosia candida* (tefrosia), en densidades cercanas a las 10.000 plantas/ha y solo durante los primeros tres años de vida del café, o cuando el sombrío permanente esté cumpliendo su función.
- Se definieron las densidades de siembra del café y arreglos espaciales para el ajuste del modelo productivo en seis municipios de la zona cafetera del departamento de Huila (Tabla 8).

Tabla 8. Densidades y arreglos espaciales definidos para el establecimiento del café en sistemas agroforestales, en seis municipios del departamento de Huila.

Municipio	Densidad de siembra del café (plantas/ha)	Arreglo espacial
Algeciras	8.000	Al cuadro
Tello	8.000	Surcos Norte-Sur
Garzón	8.000	Surcos Norte-Sur
Tarqui	8.000	Al cuadro o rectángulo 1
Teruel	7.000 a 8.000	Al cuadro o rectángulo
Timaná	8.000	Al cuadro o rectángulo 1

- El análisis general indica que los mayores beneficios en cuanto a producción se obtienen con densidades de siembra del café entre 7.000 y 8.000 plantas/ha, con arreglos espaciales al cuadro, o con iguales distancias de siembra entre surcos y entre plantas.

Literatura citada

Arcila, J., & Jaramillo, A. (2007). *Evaluación de los efectos de la deficiencia hídrica en la cosecha de café del primer semestre 2007, en el departamento del Huila*. Cenicafé.

Arcila, J., & Jaramillo, A. (2010). *Evaluación de los efectos de la deficiencia hídrica en la cosecha de café del primer semestre 2010, en el departamento del Huila*. Cenicafé.

Beer, J. W., Muschler, R. G., Kass, D., & Somarriba, E. (1998). Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems*, 38, 139–164. <https://doi.org/10.1023/A:1005956528316>

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2015). *Anuario meteorológico cafetero 2014*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/660>

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2016). *Anuario meteorológico cafetero 2015*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/660>

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2017). *Anuario meteorológico cafetero 2016*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/660>

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2018). *Anuario meteorológico cafetero 2017*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/660>

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2020a). *Almacigo de café: Fertilización* [Infografía]. Cenicafé. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/volantes/publicaciones_almacigo_de_cafe_fertilizacion

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2020b). *Almacigo de café: Selección y siembra de chapolas* [Infografía]. Cenicafé. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/volantes/publicaciones_almacigo_de_cafe_seleccion_y_siembra_de_chapolas

Centro Nacional de Investigaciones de Café. (2020c). *Almacigo de café: Tamaño de bolsa, sustrato y encarre* [Infografía]. Cenicafé. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/volantes/publicaciones_almacigo_de_cafe_tamano_de_bolsa_sustrato_y_encarre

Farfán, F. (2007). Producción de café en sistemas agroforestales. En J. Arcila, F. Farfán, A. M. Moreno, L.F. Salazar, & E. Hincapié (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 161-200). Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/720>

Farfán, F. (2014). *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/4213>

Farfán, F. (2015). Instrumentos para estimar el porcentaje de sombra en el cafetal. *Boletín Técnico Cenicafé*, 39, 1–29. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/boletines_tecnicos/boletin_tecnico_no_39

Farfán, F. (2016). Sombríos transitorios para el establecimiento del café. *Boletín Técnico Cenicafé*, 41, 1–22. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/boletines_tecnicos/boletin_tecnico_no_41

Farfán, F. (2016). Sistemas agroforestales para establecer en la finca cafetera. *Avances Técnicos Cenicafé*, 474, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/4214>

Farfán, F. (2019). Descripción de la estructura del dosel arbóreo al interior de un sistema agroforestal con café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 501, 1–8. https://www.cenicafe.org/es/index.php/nuestras_publicaciones/avances_tecnicos/avt0501

- Farfán, F. (2020). Administración del cultivo del café en sistemas agroforestales – SAF. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), Manejo Agronómico de los Sistemas de Producción de Café (pp. 72–123). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0002_3
- Farfán, F., & Jaramillo-Robledo, A. (2009). Sombrío para el cultivo del café según la nubosidad de la región. *Avances Técnicos Cenicafé*, 379, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/376>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2021). *Estadísticas Cafeteras*. Comité de Cafeteros de Caldas. <https://caldas.federaciondecafeteros.org/estadisticas-cafeteras/>
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia & Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2017). *Atlas cafetero de Colombia*. Imprenta Nacional de Colombia.
- Jaramillo, A. (1982). Balance hídrico de la zona cafetera colombiana. *Revista Cenicafé*, 33(1), 15–28. <http://hdl.handle.net/10778/876>
- Jaramillo, A. (2005). *Clima andino y café en Colombia*. Cenicafé.
- Peña, A., Ramírez, V., Valencia, J., & Jaramillo, A. (2012). La lluvia como factor de amenaza para el cultivo del café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 415, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/336>
- Ramírez, V., Jaramillo, A., & Arcila, J. (2010). Rangos adecuados de lluvia para el cultivo de café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*, 395, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/364>
- Salazar, L. F., & Sadeghian, S. (2016). Respuesta del café (*Coffea arabica* L.) a la fertilización antes y después de la zoca. *Revista Cenicafé*, 67(1), 81–93. <http://hdl.handle.net/10778/681>