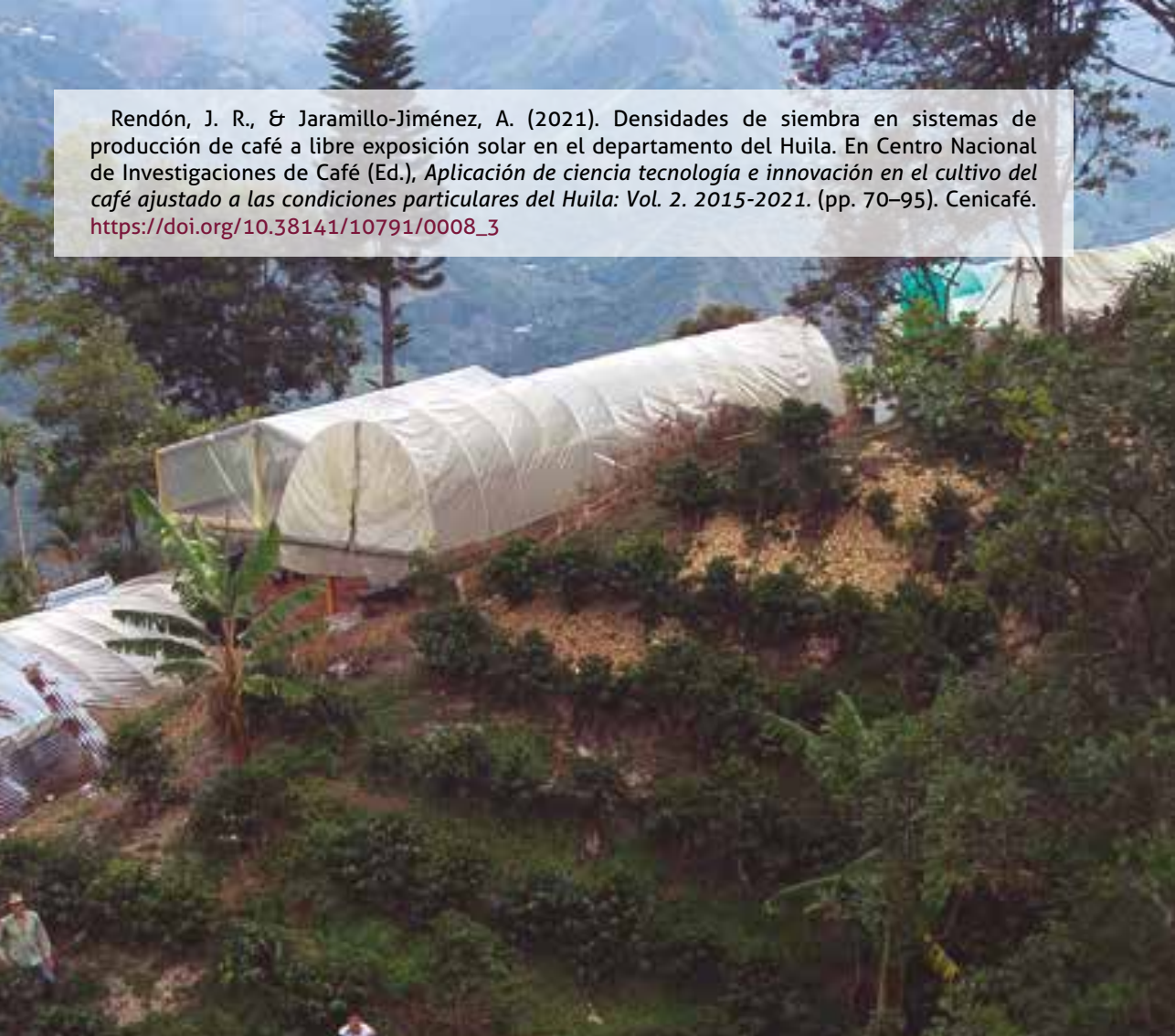


3



Densidades de siembra en sistemas de producción de café a libre exposición solar en el departamento del Huila

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



Rendón, J. R., & Jaramillo-Jiménez, A. (2021). Densidades de siembra en sistemas de producción de café a libre exposición solar en el departamento del 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. 70–95). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0008_3

José Raúl Rendón Sáenz
Investigador Científico I
Disciplina de Fitotecnia

<https://orcid.org/0000-0002-5676-4670>

Alexander Jaramillo Jiménez
Auxiliar de Investigación
Disciplina de Fitotecnia

<https://orcid.org/0000-0003-4580-1613>

A lush green coffee plantation with rows of coffee bushes and yellow flowers. In the background, there are rolling hills and a small building. A white banner with the title 'INTRODUCCIÓN' is overlaid on the top part of the image.

INTRODUCCIÓN

El enfoque en la estrategia “Más Agronomía, Más Productividad, Más Calidad”, describe las prácticas agronómicas estratégicas que determinan la capacidad productiva de los sistemas de producción de café; entre los componentes de mayor importancia que representan la estructura de los sistemas se encuentran la densidad de siembra y la edad del cultivo. En el momento de planificar la labor de renovación por siembra, la elección del número de plantas por hectárea es una de las primeras etapas que se definen, junto al material genético conformado por las variedades de café recomendadas para la caficultura en Colombia. Luego de cumplir los ciclos de producción, el manejo del cultivo a través de los métodos de renovación permite mantener plantaciones jóvenes y productivas en el tiempo.

La caficultura del departamento del Huila, al momento de iniciar este proyecto de investigación en el año 2015, contaba con cerca de 154 mil hectáreas en café, de las cuales un 58% aproximadamente se encontraban establecidas con densidades de siembra menores a 5.250 plantas/ha, según registros en el Sistema de Información Cafetera de la Federación Nacional de Cafeteros (SICA). En la mayoría de los casos las plantaciones con bajas densidades de siembra permanecían por ciclos de más de siete años sin renovarse y con bajos niveles de producción anual, los cuales repercuten sobre los costos de producción.

Algunas características predominantes de la caficultura del Huila, en cuanto a clima y propiedades del suelo, facilitan el establecimiento del cultivo en condiciones de libre exposición solar. Estos atributos se describen con mayor precisión en las diferentes zonas agroecológicas caracterizadas a



partir de los estudios de zonificación realizados en el proyecto de aplicación de ciencia, tecnología e innovación en el cultivo de café.

A través del desarrollo de la subactividad “Evaluación de densidades de siembra en sistemas de producción a libre exposición solar”, en seis municipios del departamento, representativos de la caficultura de Norte a Sur, se reúnen las condiciones particulares y se presentan los principales resultados obtenidos, al ajustar el número de plantas por hectárea y las prácticas de manejo agronómico del cultivo, con base en las recomendaciones de las investigaciones desarrolladas en el Centro Nacional de Investigaciones de Café- Cenicafé. Esta investigación se desarrolló con recursos 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 (FNC).

Con la adopción de densidades de siembra adecuadas para los sistemas de producción, se integra un cambio técnico que redundará en una mayor eficiencia de los factores, mejora la rentabilidad y promueve el bienestar de los caficultores.

La oportunidad de desarrollar investigación en la caficultura con recursos del Sistema General de Regalías del departamento del Huila, representa una estrategia de impulso para una mayor competitividad en el sector agrícola. Además, con la experiencia en el desarrollo de este proyecto se destaca la participación de los caficultores, lo cual merece el reconocimiento y gratitud para todos ellos, por el apoyo, el interés, el intercambio de conocimiento y el avance en los procesos de mejora alcanzados con base en los resultados.





Definiciones

Sistemas de producción

Un sistema de producción agrícola en su conjunto integra actividades dirigidas a transformar componentes abióticos como el clima, por medio de componentes bióticos como las variedades de plantas, combinando en el tiempo y en el espacio los factores de producción (tierra, mano de obra, capital, entre otros) para obtener productos de importancia económica (Farfán, 2020).

Un sistema de producción de café se define como el conjunto de factores y opciones tecnológicas que, al interactuar entre ellos, permiten obtener la máxima productividad desde el punto de vista biológico, económico y social. En la condición particular de los sistemas de producción establecidos a plena exposición solar, pueden clasificarse como aquellos en los cuales el efecto de la regulación de la luz incidente proviene de cualquier especie arbórea permanente, inferior a 20 árboles por hectárea o inferior de 300 especies arbustivas semipermanentes (Farfán, 2020).

Densidad de siembra y arreglo espacial

Independiente del sistema de producción, si es establecido a libre exposición solar o en sistemas agroforestales, la densidad de siembra se destaca como uno de los factores determinantes de la productividad, ya que de esta decisión dependen otras labores asociadas al manejo agronómico del cultivo, la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos disponibles (agua, nutrientes y energía) para su transformación en biomasa y la duración de los ciclos de producción (Rendón, 2020).

La densidad de siembra se define como el número de plantas por unidad de área de terreno y se expresa en número de plantas por hectárea. Dentro de ella, las distancias de siembra corresponden a la forma en la que se distribuyen las plantas en el terreno, lo cual determina el arreglo espacial, ya sea en cuadro, con distancias iguales entre plantas y entre surcos, en rectángulo con la mayor distancia entre surcos y la menor entre plantas, en forma de triángulo o siembras en franjas con barreras de otros cultivos (Rendón, 2020).

Ciclos de producción

En el cultivo de café, como en otros cultivos, la edad también es un factor que determina la capacidad productiva de las plantas; en cultivos envejecidos la reducción de la producción y el deterioro es notorio y para contrarrestar este efecto existen sistemas de renovación que permiten recuperar y estabilizar la producción en el tiempo. Todas estas recomendaciones sobre el manejo del cultivo de café, tienen como finalidad garantizar la capacidad de las plantas para permanecer en el campo cerca de 20 años, lo que equivale al período de tiempo transcurrido desde la siembra y las siguientes etapas de renovación (Rendón, 2020).

Densidades de siembra en sistemas de producción de café a libre exposición solar en el departamento del Huila

El número de años que un cafetal puede permanecer sin renovación depende del número de cosechas en las cuales se consigue el máximo promedio de producción anual. A medida que los árboles incrementan su altura, el manejo del cultivo se hace más difícil, la producción disminuye y se desplaza hacia el extremo de las ramas y hacia la parte superior del tallo (Arcila, 2007; Mestre & Ospina, 1994). Otro aspecto importante es que los cultivos envejecidos pueden ser afectados por problemas fitosanitarios, que comprometen el desarrollo de las cosechas futuras, lo que hace necesario efectuar un plan de renovación para recuperar la capacidad productiva (Rendón, 2020).

Metodología para la evaluación de las densidades de siembra en los sistemas de producción establecidos a libre exposición solar

El desarrollo de este estudio comprendió una primera fase de reconocimiento de la estructura de los sistemas de producción, representativos de las condiciones particulares de la caficultura del departamento del Huila, a través de la información registrada en el SICA, el apoyo del Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros del Huila y la verificación *in situ* de los criterios para el establecimiento de caficultura a libre exposición solar. En una segunda fase se abordó la estrategia de selección del número de sitios, la distribución del área de estudio en cada sitio y la asignación aleatoria de las densidades de siembra para su evaluación.

El diagnóstico inicial permitió identificar un 36% del área en café, con condiciones aceptables para el establecimiento de sistemas de producción a libre exposición solar. En cuanto a la densidad de siembra, el 58% del área se encontraba con menos de 5.250 plantas por hectárea (Figura 1).

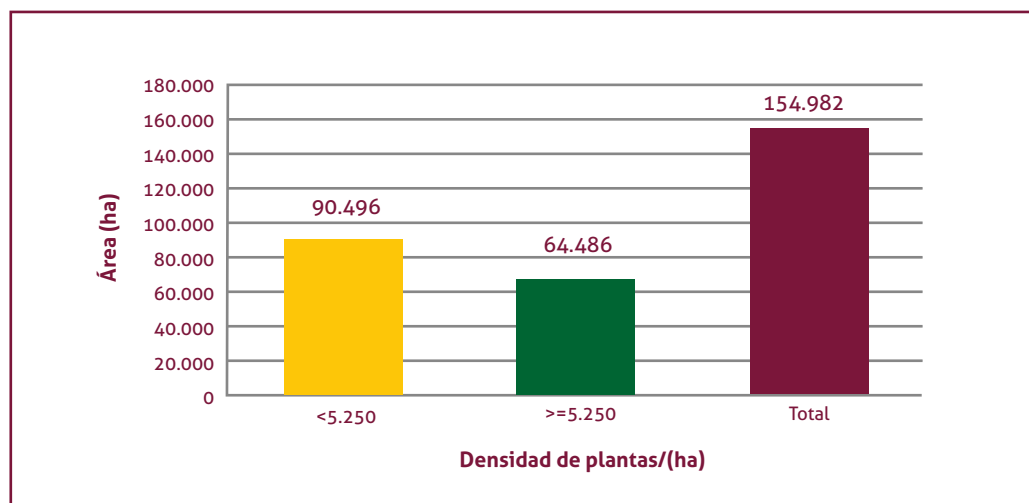
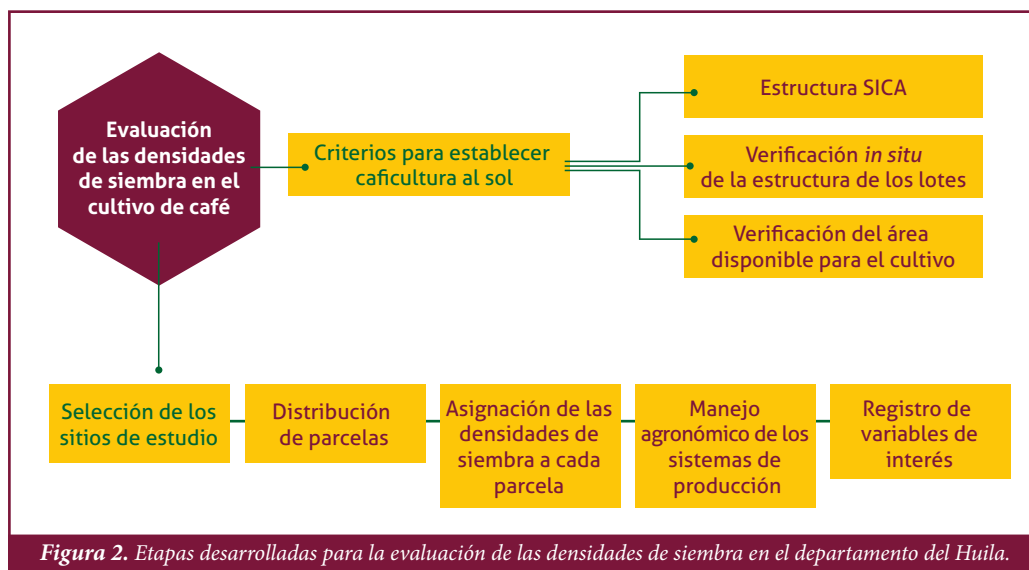


Figura 1. Distribución del área en café según la densidad de siembra en el departamento del Huila, para el año 2015.

En la selección de los sitios de estudio, además del cumplimiento de los criterios para establecer sistemas de producción a libre exposición solar, se tuvo en cuenta que cada predio contara con un área de terreno de aproximadamente una hectárea disponible para renovar por siembra. Otro aspecto importante en la etapa de selección fue la representatividad de las condiciones que caracterizan la caficultura de las zonas Norte, Centro y Sur del departamento.

Las principales etapas que describen el desarrollo de esta investigación se presentan en la Figura 2.



Criterios para el establecimiento de los sistemas de producción a libre exposición solar

El cumplimiento de las siguientes condiciones fueron determinantes para la selección de los sitios de estudio: altitudes superiores a los 1.400 m, precipitación media anual superior a 1.600 mm, temperatura media inferior a 21°C, brillo solar anual menor de 1.500 horas y características de suelos como baja pedregosidad para el establecimiento del cultivo a plena exposición solar.

Estos criterios fueron contrastados con los resultados obtenidos a través del estudio de las zonas agroecológicas en la caficultura del Huila, y con el propósito de apoyar las recomendaciones que fundamentan el manejo de los sistemas de producción. A continuación, se describen las características más relevantes asociadas a cada sitio de estudio.

Características de los sitios seleccionados

Zonas agroecológicas a las que pertenecen los sitios seleccionados para la investigación

Según Salazar et al. (2019) las zonas agroecológicas (ZAE) diferencian las condiciones que determinan la respuesta en producción de los cultivos. Estas se generaron a partir

del rango de adaptación del cultivo, explicado principalmente por variables climáticas, de suelo y la condición topográfica.

Los municipios seleccionados para el establecimiento de la investigación en el departamento fueron: Santa María y Teruel en el Norte, Gigante y La Plata en el Centro, y Acevedo y Pitalito en el Sur.

Zona agroecológica 2 - Municipios de Santa María, Teruel y La Plata

Ubicada geográficamente sobre el flanco Oriental de la cordillera Central. Esta zona se establece como la zona intermedia de la montaña, con una media altitudinal de 1.695 m, está ubicada espacialmente sobre los municipios de Santa María, Teruel, Neiva, Íquira, Palermo, Nátaga, El Pital, Paicol, La Plata, Aipe, Tesalia, El Agrado y Suaza. Presenta su cosecha principal en el primer semestre del año, entre los meses de mayo y junio.

En la zona se encuentran sembradas 21.846 ha con café, que corresponden al 14,7% del total del departamento, los principales municipios que la constituyen son Santa María, Teruel, Neiva e Íquira. Los lotes cafeteros de la zona se encuentran entre los 1.400 a 1.900 m de altitud. El sistema productivo presenta el 79% en variedades resistentes a la roya del cafeto, la densidad de siembra fluctúa entre 4.000 y 7.000 plantas por hectárea, y el 88% de los lotes están sembrados a libre exposición solar.

El brillo solar de la zona se encuentra entre las 1.600 y 1.800 horas por año, el régimen anual de lluvias se encuentra entre los 1.600 y 1.900 mm, la acumulación térmica diaria en el desarrollo de fruto está entre los 1.900 y 2.600 grados. El promedio de amplitud térmica de la zona es de 7,8 grados y la pendiente está entre los 30 y 70 grados.

En esta zona agroecológica las principales floraciones se registran entre los meses de agosto y septiembre (Figura 3), de acuerdo con el patrón de cosecha que caracteriza esta zona. La renovación por medio de zocas se planifica en el mes de julio y las siembras en octubre, estas labores requieren la preparación del material para siembra y resiembras (colinos de café) con una anticipación de seis a ocho meses.

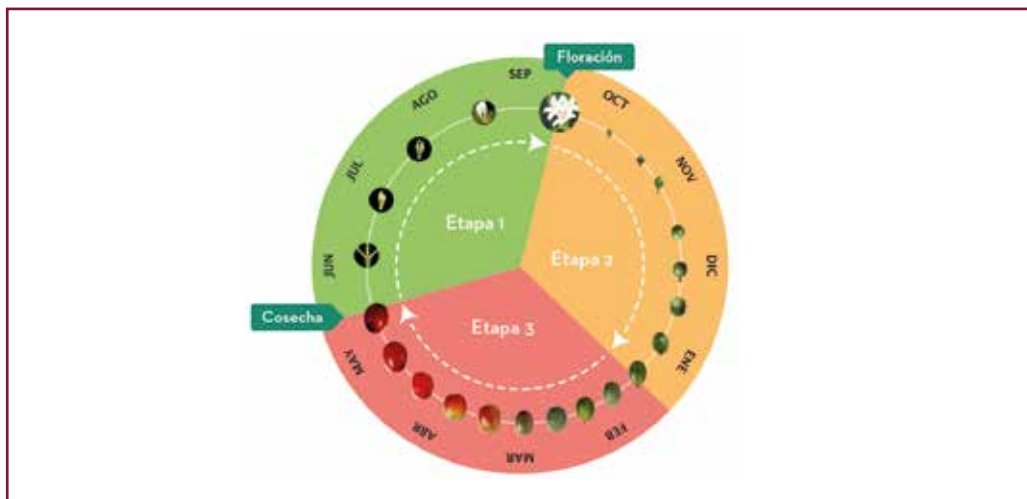


Figura 3. Etapas fenológicas para la formación de la cosecha de primer semestre (Fuente: Plataforma agroclimática (<https://agroclima.cenicafe.org/zonas-agroecologicas> enlace).

Zona agroecológica 1 -Municipio de Gigante

La ZAE1 presenta una media altitudinal de 1.477 m, se encuentra ubicada en los municipios de La Argentina, Tarqui, El Pital, El Agrado, La Plata, Paicol, Gigante, Hobo, Algeciras, Campoalegre, Rivera, Tello, Baraya, Colombia, Tesalia, Nátaga, Íquira, Teruel, Santa María, Palermo, Neiva y Aipe. Su cosecha principal se presenta en el primer semestre del año, en los meses de mayo y junio.

El sistema productivo de la ZAE1 posee 20.564 ha, correspondientes al 14% del área total sembrada en el departamento, donde los municipios que presentan la mayor cantidad de área sembrada son La Plata, El Pital y Tello. La altitud de los predios de la zona es inferior a 1.600 m. El sistema presenta el 82% en variedades resistentes a la roya del cafeto, el 85% de los lotes están sembrados a libre exposición solar y el 55% de los lotes presentan densidades de siembra superiores a 5.000 plantas por hectárea.

El 80% de los predios presenta entre 1.300 y 1.600 horas de brillo solar por año, precipitación entre 1.200 y 1.600 mm por año, el tiempo térmico en la etapa de formación de fruto es de 2.200 a 2.800 grados de acumulación diaria. Las condiciones de la amplitud térmica presentan una media de 8,2 grados y la pendiente de la zona se encuentra entre los 30 y 70 grados.

En esta zona agroecológica las principales floraciones se registran entre los meses de agosto y septiembre (Figura 3), de acuerdo con el patrón de cosecha que caracteriza esta zona, la renovación por medio de zocas se planifica en el mes de julio y las siembras en octubre, estas labores requieren la preparación del material para siembra y resiembras (colinos de café) con una anticipación de seis a ocho meses.

Zona agroecológica 6 - Municipios de Acevedo y Pitalito

Se configura como la zona más alta, con una media altitudinal de 1.644 m, el 58% de sus predios están ubicados por encima de 1.600 m, sobre toda el área del Macizo Colombiano, en la zona Sur del departamento del Huila, donde se destacan los municipios de Acevedo, Pitalito, Palestina y San Agustín, con el 73% del total del área cafetera de la zona. Presenta su cosecha principal en el segundo semestre del año entre los meses de octubre y noviembre.

El área total de la ZAE6 es de 39.612 ha, constituyéndose en la zona más representativa del departamento del Huila, su sistema productivo presenta el 60% en variedades resistentes a la roya del cafeto, la densidad de siembra está entre los 4.000 a 7.000 árboles por hectárea y el 94% de los lotes se encuentra en sistemas a libre exposición solar.

El 80% de los predios se encuentran entre las 1.400 y 1.600 horas de brillo solar anual, precipitación entre 1.800 y 2.100 mm anuales y acumulación térmica entre 2.000 y 2.600 grados por día. El promedio de la amplitud térmica es de 8,7 grados y la pendiente de la zona está entre 20 y 60 grados.

En esta zona agroecológica las principales floraciones se registran entre los meses de febrero y marzo (Figura 4), de acuerdo con el patrón de cosecha que caracteriza esta zona, la renovación por medio de zocas se planifica en el mes de enero y las siembras en marzo, estas labores requieren la preparación del material para siembra y resiembras (colinos de café) con una anticipación de seis a ocho meses.

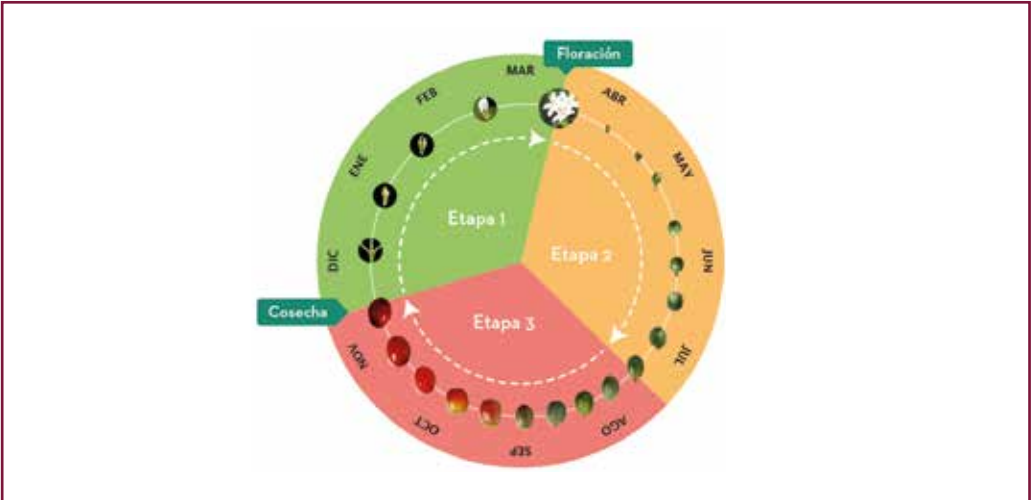


Figura 4. Etapas fenológicas para la formación de la cosecha de segundo semestre (Fuente: Plataforma agroclimática <https://agroclima.cenicafe.org/zonas-agroecologicas>).

Densidades de siembra evaluadas

En los predios seleccionados (uno por municipio), se establecieron aleatoriamente cuatro parcelas, una con la densidad de siembra y el arreglo espacial que el caficultor por tradición utilizaba en su sistema de producción, y tres parcelas con las densidades y arreglos descritos en la Tabla 1, entre las poblaciones de plantas se dejó un área de separación para caminos y se establecieron barreras con leguminosas para delimitarlas de otros lotes (Figura 5). El material de siembra correspondió a variedad Castillo® General y Castillo® El Tambo.

Tabla 1. Densidades y arreglo espacial establecidos en los sistemas de producción a libre exposición solar.

Distancia entre surcos (m)	Distancia entre plantas (m)	Densidad de siembra (plantas/ha)
-	-	< 5.000
1,50	1,00	6.666
1,25	1,00	8.000
1,00	1,00	10.000





Figura 5. Representación de las parcelas establecidas con cuatro densidades de siembra en sistemas de producción de café a plena exposición solar, municipios de Acevedo (a) y Teruel (b).

Registro de variables de interés

En cada parcela con su respectiva densidad de siembra, se seleccionaron aleatoriamente 60 árboles para el registro de la producción de café cereza y las variables de crecimiento, altura y número de cruces por planta (un par de ramas plagiotrópicas primarias). Adicionalmente se registró la producción total de café cereza por cada parcela.

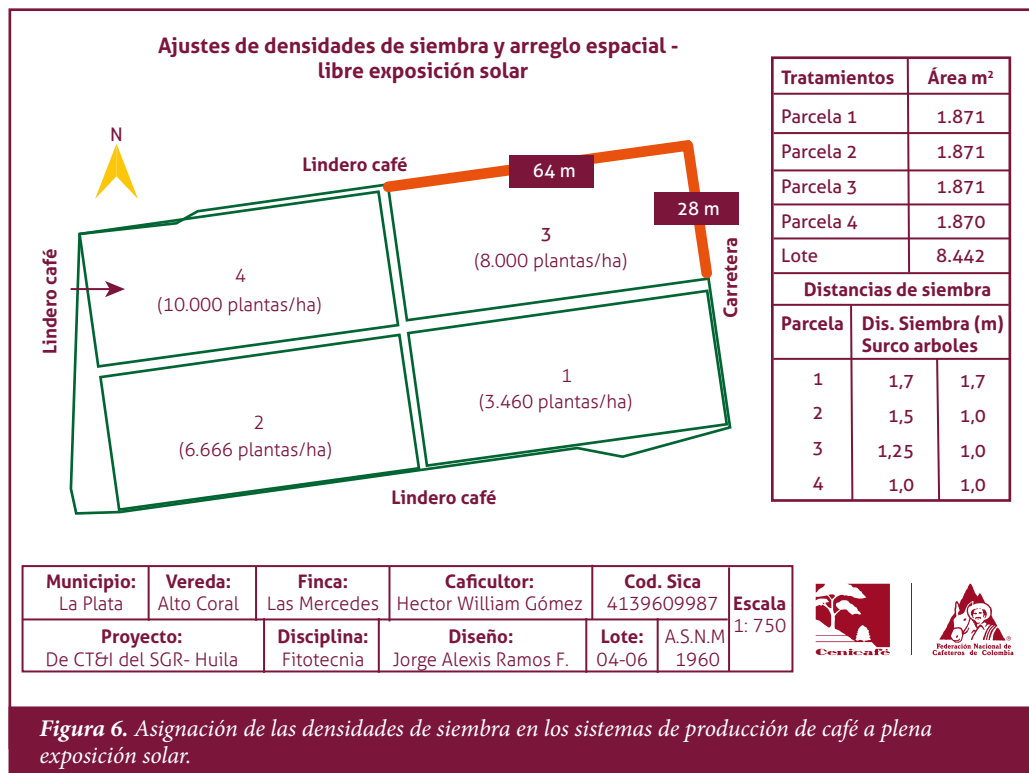
Prácticas de manejo agronómico

Germinadores y almácigos. Las etapas iniciales de establecimiento de los germinadores y almácigos para la siembra, en las seis localidades seleccionadas, se llevaron a cabo en la Concentración Jorge Villamil, ubicada en el municipio de Gigante. Allí se estableció semilla de variedad Castillo® General y Castillo® El Tambo, siguiendo todas las recomendaciones para cada etapa (Castro et al., 2008; Gaitán et al., 2011), en el germinador se utilizó una estructura elevada del suelo y con una adecuada desinfección del sustrato; en el almácigo se eligió un tamaño de bolsa de 17 x 23 cm para obtener colinos de seis meses de edad, el llenado de las bolsas se hizo con sustrato libre de cochinillas y nematodos, y se retiraron los residuos de raíces que pudieran estar contaminados con llagas. Para la siembra de la chapola se seleccionaron aquellas sanas y con buen desarrollo tanto de la raíz como de la parte aérea, se aplicaron oportunamente los planes de nutrición, riego y manejo integrado de plagas y enfermedades. Una vez cumplida la edad de trasplante de los colinos, estos fueron transportados a cada uno de los sitios previa preparación de los lotes para la siembra.

Establecimiento del cultivo. Para la distribución del terreno, el área total del lote se dividió en cuatro partes iguales, y de forma aleatoria se asignaron las densidades de siembra descritas en la Tabla 1. En el ejemplo para la localidad de La Plata se muestra el plano con las distancias de siembra y el área ocupada por cada parcela (Figura 6).

Luego de la preparación del lote, para garantizar el crecimiento adecuado de las plantas en la siembra, se realizó el trazo de los surcos a través de la pendiente con las distancias

definidas para cada densidad de siembra, los hoyos se hicieron con las dimensiones recomendadas para un buen anclaje del árbol (30 x 30 x 30 cm) y las muestras para el análisis de fertilidad del suelo se tomaron en forma oportuna para planificar la necesidad de nutrientes y la corrección de la acidez desde el momento de la siembra.



La época correcta de siembra es sin duda una de las principales acciones que el caficultor debe planificar para evitar pérdidas del material en la etapa de establecimiento, la siembra en las localidades del Norte y Centro caracterizadas por un patrón de cosecha principal en primer semestre, se realizó con el inicio de los períodos de lluvia del segundo semestre, en la zona sur la cosecha principal se presenta en el segundo semestre y la época de siembra en el período de lluvias del primer semestre, bajo estas condiciones en los seis municipios seleccionados para la investigación, se logró mantener la humedad del suelo requerida para las plantas durante la etapa de crecimiento vegetativo, en los sistemas de producción a plena exposición solar.

Fertilización. En el departamento del Huila según el estudio de las principales propiedades químicas en 6.000 muestras recolectadas en los suelos del área cultivada con café, se encontró como generalidad valores de pH inferiores al rango óptimo para el cultivo en el 53% del área del departamento, así como contenidos muy bajos de materia orgánica en el 84% de las muestras analizadas (Sadeghian et al., 2019). Los resultados del análisis de fertilidad del suelo obtenidos en los lotes seleccionados para la investigación, mostraron la necesidad de incorporar enmiendas al momento de la siembra e implementar la aplicación de abono orgánico en algunos sitios, con el fin de mejorar las condiciones físicas del suelo, aprovechando los subproductos del beneficio del café (Tabla 2).

Tabla 2. Análisis de fertilidad de suelo para la etapa de establecimiento del cultivo en el año 2016.

Municipio	pH	MO	K	Ca	Mg	Al	CIC	P	Clasificación
			cmol ₍₊₎ kg ⁻¹			mg kg ⁻¹		mg kg ⁻¹	
Acevedo	4,1	9,3	0,25	1,55	0,63	3,4	26	10	Arcilloso
Pitalito	4,6	6,5	0,64	3,23	0,8	1,4	20	136	Franco-Arcilloso
La Plata	4,8	17,1	0,46	3,50	1,15	1,3	28	8	Franco-Arcilloso
Gigante	4,0	7,5	0,41	0,44	0,25	2,1	12	67	Franco-Arcilloso-Arenoso
Teruel	3,8	11,9	0,17	0,74	0,23	6,8	28	7	Franco-Arcilloso
Santa María	5,0	4,8	0,2	5,66	1,07	0,1	-	7	Franco-Arcilloso-Arenoso

Manejo integrado de arvenses. Después de la recolección de café, una de las labores que demanda los mayores costos de producción del cultivo es el control de arvenses, esta labor se intensifica durante la fase de levante del cultivo y en los períodos de mayor precipitación con el aumento de la humedad en el suelo, lo cual hace propicio un crecimiento acelerado de las diferentes especies de plantas que compiten con el cultivo de café. El uso de estrategias para el manejo integrado de las arvenses requiere oportunidad, reconocimiento de los períodos críticos, el tipo de arvenses que predomina, la densidad o cobertura, el grado de competencia, la edad, el estado de desarrollo y el entrenamiento de los operarios que ejecutan la labor.

Una vez realizada la siembra de las plantas de café, se implementó el uso de herbicida preemergente para el control de arvenses en la superficie de la zona de raíces de los árboles, el control de las arvenses en las calles en los primeros 12 meses de crecimiento de cultivo, se realizó de forma mecánica y con aplicación de herbicida de forma selectiva sobre las arvenses de mayor interferencia, con el objetivo de promover el desarrollo de coberturas nobles.

La mayor exposición del terreno a la luz solar es un factor que aumenta la frecuencia en el control de las arvenses, esto fue evidente en las poblaciones con las menores densidades de siembra de café, en las cuales luego de los 30 meses de edad, en el acumulado de jornales durante un año, aún se registraba una alta presencia de arvenses y un mayor indicador de control, en comparación con las poblaciones de mayor densidad de siembra, que iniciaron el cierre de calles por el entrecruzamiento de las ramas de las plantas de café (Figura 7).

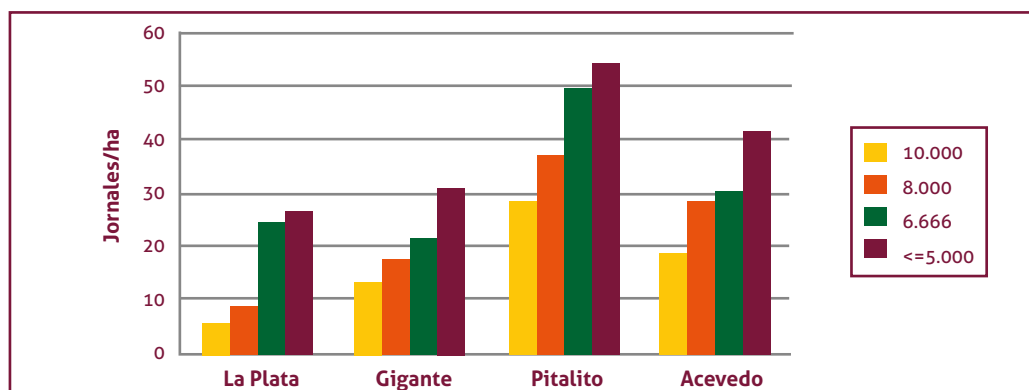


Figura 7. Indicadores de rendimiento para el manejo integrado de arvenses según la densidad de siembra en plantaciones de café de 30 meses.

Manejo fitosanitario. El manejo integrado de plagas y enfermedades de interés económico en el cultivo se basó en el seguimiento de los principales eventos de floración, el monitoreo y el análisis de los principales elementos del clima registrados en las estaciones agrometeorológicas instaladas en la zona cafetera del departamento.

Los registros de floración en dos localidades de la zona Centro del departamento, en los municipios de Gigante y La Plata, representan históricamente las mayores magnitudes de floración entre los meses de agosto y septiembre, para la cosecha principal del primer semestre del año (Figura 8), este patrón de cosecha es similar para la zona Norte del departamento. En la zona Sur las floraciones más abundantes ocurren entre los meses de enero y abril, y representan la cosecha principal del segundo semestre del año (Figura 9). Una correcta planificación de los períodos críticos con base en el tiempo que transcurre entre las fechas con las mayores floraciones y las etapas iniciales de desarrollo de los frutos, facilita la toma de decisiones frente al manejo de plagas y enfermedades de interés económico para el cultivo. En el caso particular del manejo integrado de la broca del café está la herramienta de registro, fue determinante en los planes de control del insecto entre los meses de diciembre y enero para los sitios con cosecha principal en el primer semestre y entre los meses de mayo y julio, para aquellos con mayor cosecha en el segundo semestre.

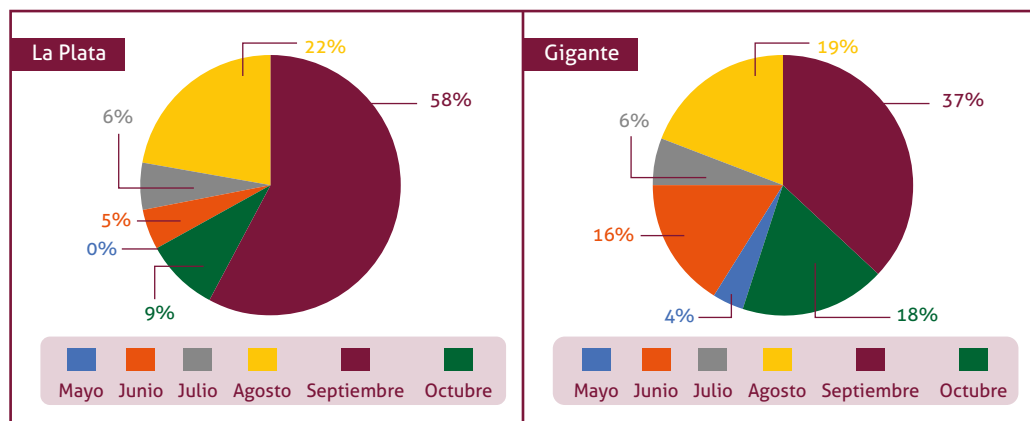


Figura 8. Distribución de la floración de café período mayo-octubre 2018, en dos localidades con patrón de cosecha principal en el primer semestre.

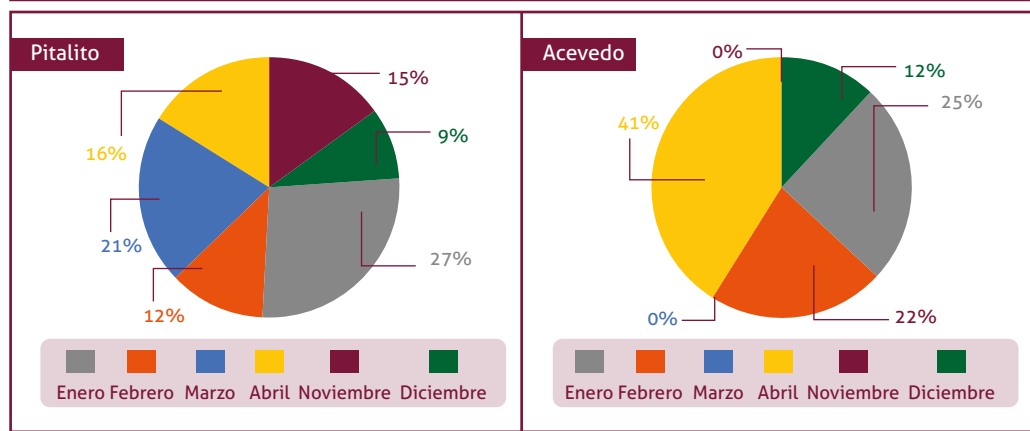


Figura 9. Distribución de la floración de café período noviembre 2017-abril 2018, en dos localidades con patrón de cosecha principal en el segundo semestre.

Para el manejo de cochinillas de la raíz se establecieron plantas indicadoras dentro del lote al momento de la siembra, con el fin de realizar el monitoreo mensual del insecto y tomar las medidas de control oportunas, siguiendo las recomendaciones de Gil et al. (2015). Los resultados obtenidos a partir del estudio de alertas tempranas en el departamento del Huila, permitieron confirmar las condiciones que favorecen la presencia de la chinche de la chamusquina del café *Monalonion velezangeli* en la zona centro del departamento (Benavides et al., 2019). Este insecto se detectó en los sistemas de producción de café localizados en el municipio de La Plata y su plan de manejo integró las recomendaciones de Ramírez et al. (2008).

Entre las principales enfermedades del cultivo, la mancha de hierro se presentó con mayor frecuencia en las etapas de crecimiento vegetativo y en producción, la fertilización química y la aplicación de abono orgánico obtenido de la descomposición de la pulpa de café, mejoraron la nutrición de las plantas y redujeron la incidencia de esta enfermedad.

Recolección de café

La labor de recolección es determinada por el patrón de distribución de la cosecha en cada zona, esta a su vez depende de las condiciones predominantes del clima en cada período. El número de eventos de recolección en un año, con floraciones de alta magnitud, puede ser inferior al número de eventos de recolección en años que registran floraciones muy dispersas. La zona Sur del departamento del Huila se caracteriza por presentar un patrón de cosecha principal en el segundo semestre y una mitaca (cosecha de menor magnitud) en el primer semestre (Figura 10), esta situación indica una alta frecuencia de la labor de recolección por el número de floraciones que promueven diferentes estados de desarrollo de los frutos todo el año.

En contraste, las zonas Centro y Norte concentran mayores floraciones, lo que propicia eventos de recolección de alta magnitud en un menor número de meses, así como períodos de tiempo en el año en los cuales no hay frutos para cosechar (Figura 10). Estas zonas con cosecha más concentrada representan una gran oportunidad para implementar estrategias de cosecha asistida como el uso de lonas, con el fin de aumentar los rendimientos y hacer un uso eficiente del personal en épocas con baja disponibilidad de mano de obra.

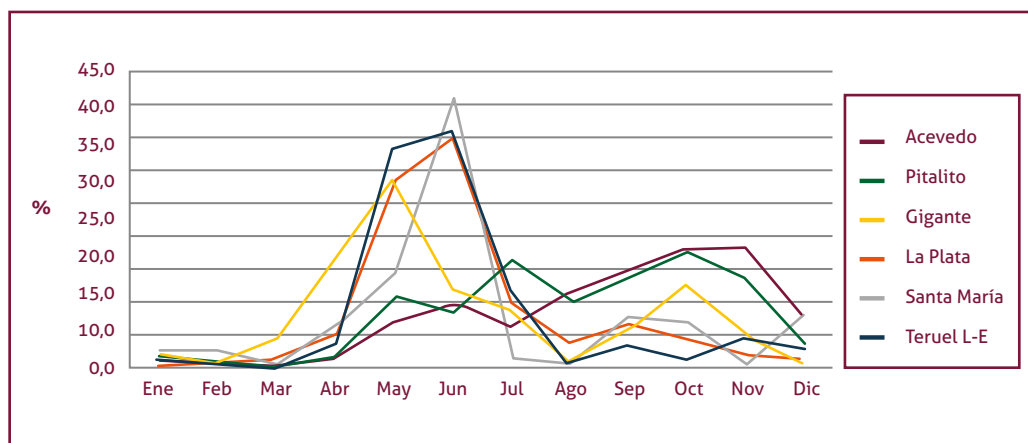


Figura 10. Distribución de la cosecha anual de café en seis localidades del departamento del Huila.

Respuesta de los sistemas de producción de café al incremento de la densidad de siembra

Crecimiento de la planta de café. Con el objetivo de describir los sistemas de producción bajo las condiciones de oferta de las zonas agroecológicas del departamento del Huila, las variables de crecimiento en altura y número de ramas por planta, en las poblaciones de café establecidas con las diferentes densidades de siembra, fueron evaluadas cada trimestre, desde los 12 hasta los 30 meses de edad.

Altura de la planta. La altura de la planta es una variable importante para describir los cambios que pueden presentarse al variar el número de plantas por hectárea y las distancias de siembra, como factores de manejo agronómico del cultivo. De acuerdo con los resultados que se presentan en la Tabla 3, en la localidad de Acevedo los mayores promedios de esta variable a través del tiempo se obtuvieron con las densidades de siembra de 6.666 y 8.000 plantas por hectárea. En Pitalito la menor altura de la planta a los 18 y 24 meses de edad se presentó con la menor densidad de siembra (4.444 plantas/ha).

En el Centro del departamento, Gigante presentó una menor altura de la planta a los 18 y 24 meses de edad, con una densidad de siembra de 6.666 plantas/ha; en La Plata esta variable no mostró diferencias estadísticas entre las densidades de siembra a los 24 y 30 meses de edad. En la zona Sur del departamento, la máxima altura promedio de las plantas a los 30 meses, se obtuvo con 8.000 plantas en Acevedo y con 10.000 plantas en Pitalito (Tabla 3).

La zona Norte del departamento presenta características de oferta climática y propiedades de los suelos que condicionan un menor crecimiento de las plantas de café, en los municipios de Santa María y Teruel a los 24 meses de edad, todas las densidades de siembra presentaron una altura de las plantas inferior a 1,0 m, al comparar la altura promedio en plantas de la misma edad en las demás localidades, donde este valor fue superior a 1,0 m (Tabla 3). En Teruel se obtuvo la menor altura de las plantas, con la mayor densidad de siembra (10.000 plantas/ha). Según las condiciones que describen la ZAE2, allí se presentan amplias ventajas para el establecimiento del cultivo de café con altas densidades de siembra, es así como sembrar un mayor número de plantas por hectárea, por encima del promedio reportado en los sistemas de producción actuales, es una estrategia para un mejor aprovechamiento de la oferta de recursos y el aumento de la productividad.

Tabla 3. Altura de la planta de café (cm) según la densidad de siembra y la edad.

Localidad	Densidad de siembra	12 Meses		18 Meses		24 Meses		30 Meses					
		Promedio	EE	Promedio	EE	Promedio	EE	Promedio	EE				
Acevedo	4.807	69,3	b	1,3	94,9	c	1,8	112,3	b	2,2	137,1	b	2,3
	6.666	76,8	a	1,6	100,0	ab	2,4	121,3	a	1,9	146,7	a	2,1
	8.000	75,9	a	1,2	103,4	a	1,3	121,3	a	2,3	149,7	a	2,0
	10.000	73,4	ab	1,3	97,5	bc	1,3	115,3	ab	1,7	139,0	b	1,8
Gigante	4.762	62,5	a	1,0	88,0	a	1,3	114,1	a	1,6	132,0	ab	1,7
	6.666	58,6	b	0,9	81,5	b	1,1	107,8	b	1,7	127,3	b	2,0
	8.000	61,7	ab	1,1	90,0	a	1,7	119,5	a	2,2	137,5	a	2,7
	10.000	64,5	a	1,0	87,9	a	1,4	120,1	a	1,8	135,7	a	1,9

-> Continúa

-> Continuación

Localidad	Densidad de siembra	12 Meses			18 Meses			24 Meses			30 Meses		
		Promedio	EE		Promedio	EE		Promedio	EE		Promedio	EE	
La Plata	3.460	54,9	bc	0,9	77,5	ab	1,1	105,8	a	2,0	119,2	a	1,3
	6.666	53,1	c	0,6	76,4	b	0,9	105,7	a	1,3	119,1	a	1,4
	8.000	60,0	a	0,8	81,2	a	1,2	108,0	a	1,4	123,8	a	1,6
	10.000	56,9	a	0,8	81,1	a	1,3	107,0	a	1,7	121,5	a	2,0
Pitalito	4.444	69,6	a	1,1	92,9	b	1,2	112,1	c	1,2	131,2	a	1,4
	6.666	72,0	a	1,3	94,2	ab	1,3	117,7	b	1,6	134,8	a	1,7
	8.000	70,5	a	1,3	94,3	ab	1,3	118,0	b	1,5	133,7	a	1,6
	10.000	73,1	a	1,5	98,7	a	1,9	127,1	a	2,4	143,7	a	2,5
Santa María	4.807	53,6	a	0,9	72,5	a	1,2	95,5	a	1,3			
	6.666	50,9	ab	1,0	68,1	ab	1,3	89,4	bc	1,7			
	8.000	50,3	b	1,0	66,4	b	1,5	87,3	c	1,6			
	10.000	50,0	b	1,0	69,8	ab	1,4	93,8	ab	1,8			
Teruel	4.762	41,2	a	1,1	59,6	a	1,2	78,7	a	1,4			
	6.666	42,9	a	0,9	58,6	a	1,4	78,6	a	1,6			
	8.000	44,7	a	1,0	59,6	a	1,2	82,6	a	1,6			
	10.000	37,7	b	0,9	49,3	b	1,1	70,4	b	1,4			

Para cada edad y localidad, letras distintas indican diferencias estadísticas entre los promedios según prueba de rango múltiple REGWQ al 5%. EE: Error estándar.

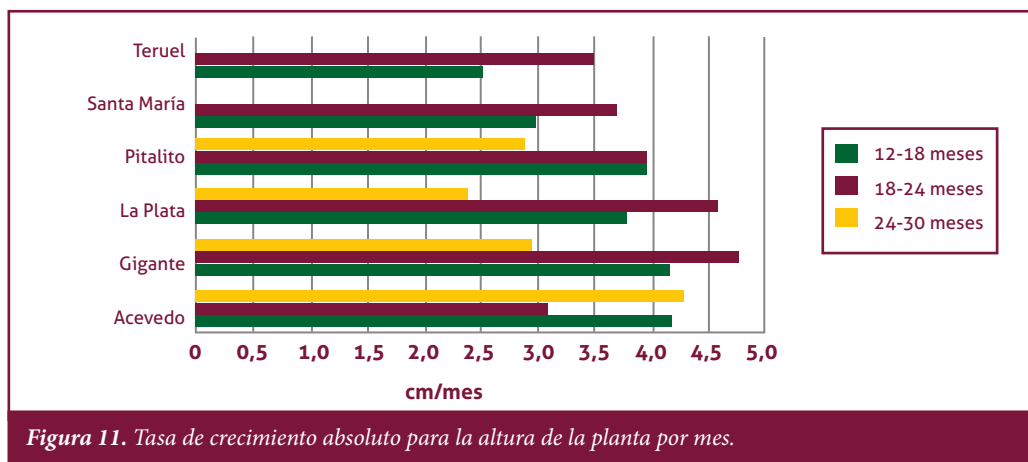


Figura 11. Tasa de crecimiento absoluto para la altura de la planta por mes.

La tasa de crecimiento en altura puede interpretarse en valores absolutos como la velocidad con la que el tallo principal aumenta su longitud en centímetros por mes. Según la edad de la planta de café, bajo las condiciones de los sitios de estudio, la altura mostró de forma descriptiva una menor tasa de crecimiento con rangos de edad entre 12 y 18 meses, en los sistemas de producción de café establecidos en los municipios de Teruel y Santa María, en comparación con los demás sitios. Cuando las plantas de café alcanzaron un rango de edad entre 24 y 30 meses, la altura de la planta en Pitalito, La Plata y Gigante redujo la tasa de crecimiento respecto a los valores registrados con una menor edad (Figura 11).

Número de ramas. El número de ramas por planta puede indicar el grado de competencia y la capacidad de las plantas para conservar su estructura a través del tiempo, bajo los diferentes arreglos espaciales y densidades de siembra. Los promedios y el error estándar para esta variable se presentan en la Tabla 4. Según estos resultados, en la zona Sur el menor número de ramas se obtuvo con la menor densidad de siembra (4.807 plantas/ha) desde los 12 hasta los 24 meses de edad del cultivo, en la localidad de Acevedo; en Pitalito esta misma condición se observó a los 24 meses.

En el Centro del departamento, Gigante presentó a los 30 meses de edad un menor número de ramas con las densidades de 4.762 y 6.666 plantas/ha, en La Plata a los 12 meses de edad el número de ramas por planta fue menor, con las densidades de 3.460 y 6.666 plantas/ha. En la zona Norte, para la localidad de Teruel, igual a lo ocurrido con la variable altura, se presentó un menor número de ramas por planta, con la densidad de siembra de 10.000 plantas por hectárea. Santa María no presentó diferencias en esta variable a los 12 meses de edad.

Tabla 4. Número de ramas por planta de café según la densidad de siembra y la edad.

Localidad	Densidad de siembra	12 Meses		18 Meses		24 Meses		30 Meses					
		Promedio	EE	Promedio	EE	Promedio	EE	Promedio	EE				
Acevedo	4.807	18,7	b	0,5	31,7	b	0,8	38,9	b	0,9	48,8	b	1,1
	6.666	21,6	a	0,5	33,9	a	0,9	41,7	a	0,7	51,6	ab	0,7
	8.000	21,2	a	0,5	35,2	a	0,6	42,3	a	0,8	52,9	a	0,9
	10.000	22,2	a	0,4	34,3	a	0,6	41,3	a	0,6	51,7	ab	0,9
Gigante	4.762	18,2	a	0,3	30,4	a	0,5	41,9	a	0,7	50,2	b	0,9
	6.666	16,4	b	0,3	28,3	b	0,4	39,0	b	0,6	48,7	b	0,9
	8.000	17,0	b	0,3	30,4	a	0,5	42,6	a	0,7	53,7	a	0,9
	10.000	16,8	b	0,3	29,2	ab	0,5	42,6	a	0,7	54,6	a	0,9
La Plata	3.460	15,1	b	0,3	25,3	bc	0,5	37,5	b	0,6	47,1	b	0,7
	6.666	14,9	b	0,2	24,7	c	0,4	37,9	b	0,5	47,2	b	0,6
	8.000	16,6	a	0,3	27,1	a	0,5	40,0	a	0,5	49,9	a	0,7
	10.000	16,2	a	0,3	26,6	ab	0,5	38,9	ab	0,6	48,9	ab	0,8
Pitalito	4.444	23,4	a	0,4	34,0	b	0,5	45,6	b	0,6	54,9	b	0,8
	6.666	23,6	a	0,6	35,6	ab	0,5	48,0	a	0,6	56,8	ab	0,7
	8.000	23,9	a	0,5	36,8	a	0,6	48,6	a	0,7	57,5	ab	0,7
	10.000	23,7	a	0,5	37,1	a	0,7	49,4	a	0,9	59,1	a	1,0
Santa María	4.807	14,1	a	0,4	22,9	a	0,6	33,2	a	0,6			
	6.666	13,3	a	0,4	21,3	ab	0,5	30,9	bc	0,6			
	8.000	12,5	a	0,4	20,7	b	0,5	29,7	c	0,7			
	10.000	13,4	a	0,9	20,8	b	0,5	32,7	ab	0,7			
Teruel	4.762	7,4	b	0,3	15,9	a	0,4	23,2	a	0,6			
	6.666	7,4	b	0,3	16,5	a	0,4	23,9	a	0,5			
	8.000	8,6	a	0,3	16,1	a	0,3	24,1	a	0,6			
	10.000	5,9	c	0,3	12,6	b	0,4	20,0	b	0,7			

Para cada edad y localidad, letras distintas indican diferencias estadísticas entre los promedios según prueba de rango múltiple REGWQ al 5%. EE: Error estándar.

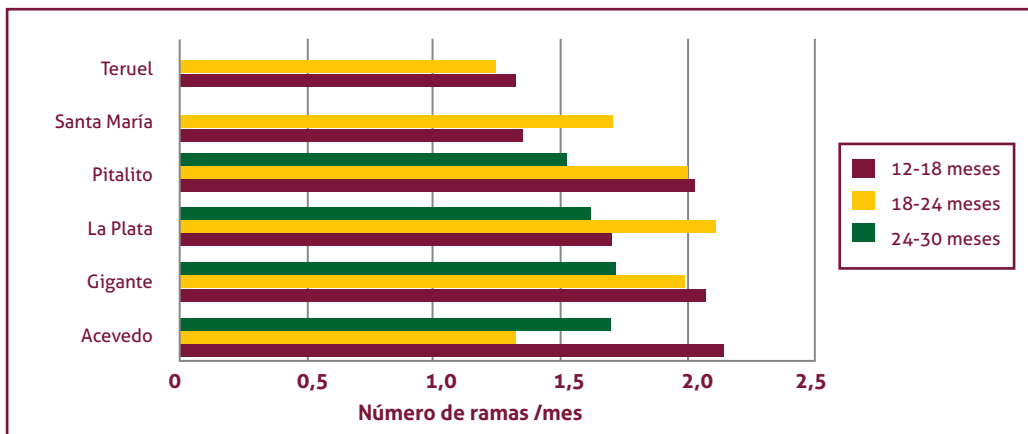


Figura 12. Tasa de crecimiento absoluto para el número de ramas formadas por mes en la planta.

La tasa de crecimiento en número de ramas puede interpretarse en valores absolutos como la velocidad de emisión de ramas primarias en el tallo principal por mes. Según la edad de la planta de café, de forma descriptiva se observó una menor tasa del número de ramas formadas por mes, con rangos de edad entre 12 y 18 meses, en los sistemas de producción de café establecidos en los municipios de Teruel y Santa María, en comparación con los demás sitios. De igual forma, como se describió para la altura de la planta, cuando se alcanzó un rango de edad entre 24 y 30 meses, el número de ramas formadas por mes en Pitalito, La Plata y Gigante redujo la tasa de crecimiento respecto a los valores registrados con una menor edad (Figura 12).

En términos generales, un par de ramas corresponde a una cruz, si se forma un par de ramas por mes, en un año se obtendrán 24 ramas, es decir, 12 cruces, si la tasa de crecimiento se encuentra por debajo de dos ramas por mes, esto significa que se necesita un poco más de tiempo para la formación de dichas estructuras en el árbol, por consiguiente, tanto la altura como el número de ramas formados en el tiempo son variables complementarias para definir la duración de los ciclos de producción.

Producción anual de café cereza

El inicio de la etapa productiva en el cultivo de café está determinado en gran parte por el manejo agronómico desde las etapas previas (germinador, almácigo, establecimiento y crecimiento vegetativo), según la fecha de siembra, el registro de la primera cosecha ocurre entre los 18 y los 30 meses de edad de la planta, dependiendo de las condiciones de oferta ambiental. Por consiguiente, los ciclos de producción relacionan no solo la cantidad de cosechas que una plantación puede producir antes de la renovación, sino también el número de años en los cuales se alcanza ese número de cosechas. La producción anual en función de la densidad de siembra, sigue un patrón de comportamiento que se caracteriza por presentar las menores producciones con un número reducido de plantas por hectárea, lo cual conduce a tener que esperar muchos años para obtener los volúmenes de producción deseados y ante un mayor esfuerzo para el mantenimiento de las áreas de cultivo, los costos de producción son significativamente más altos.

Establecer un número de plantas adecuado, de acuerdo con las condiciones de oferta de las zonas agroecológicas descritas para la caficultura del Huila, permitirá un manejo más eficiente de los sistemas de producción para lograr una mayor productividad.

En el municipio de Acevedo, la mayor producción en tres cosechas anuales registradas, se obtuvo con la densidad de siembra de 10.000 plantas/ha. Los años 2019 y 2020 se caracterizaron como períodos de cosecha abundantes, con incremento de la producción en todas las densidades de siembra (Figura 13).

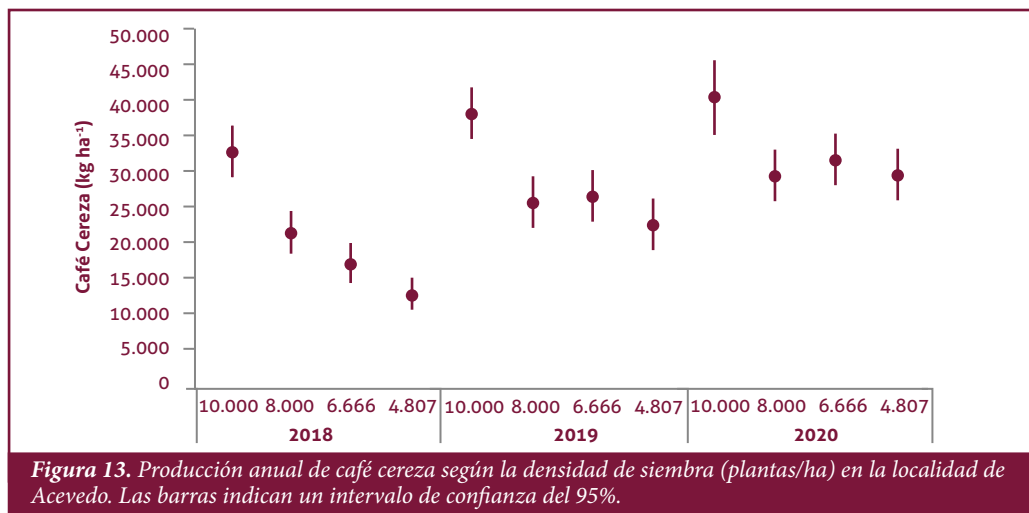


Figura 13. Producción anual de café cereza según la densidad de siembra (plantas/ha) en la localidad de Acevedo. Las barras indican un intervalo de confianza del 95%.

El análisis de la cosecha anual en la localidad de Pitalito, presentó en el 2018 los mayores promedios de producción de café cereza, con las densidades de siembra superiores a 6.666 plantas/ha, en el segundo año la densidad de siembra de 8.000 plantas/ha registró una mayor producción con relación a la población de 4.444 plantas/ha. En 2020 la mayor producción se obtuvo con la densidad de 10.000 plantas/ha (Figura 14).

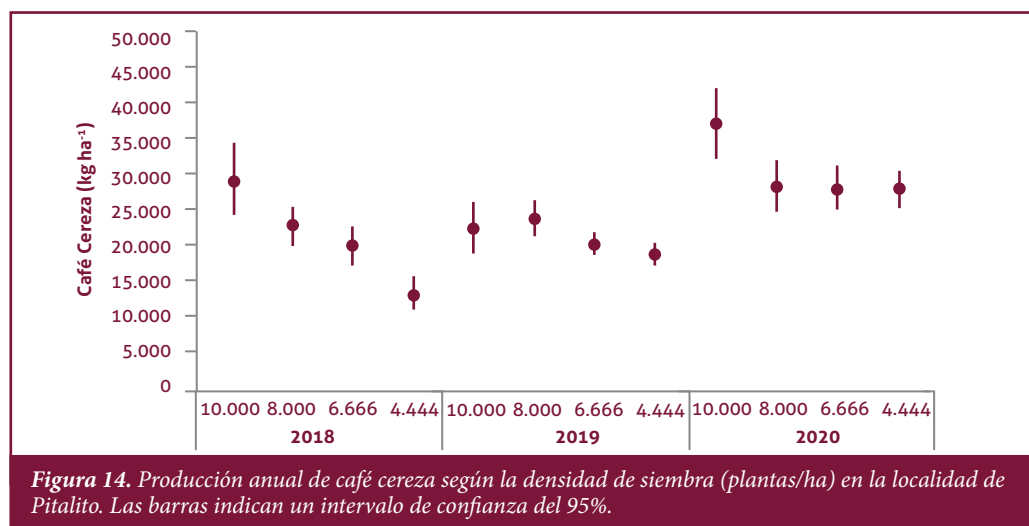


Figura 14. Producción anual de café cereza según la densidad de siembra (plantas/ha) en la localidad de Pitalito. Las barras indican un intervalo de confianza del 95%.

En el municipio de Gigante las densidades de siembra de 8.000 y 10.000 plantas/ha registraron las mayores producciones con relación una la población de 4.762 plantas/ha, durante los tres años analizados. En la cosecha de 2020 la producción obtenida con la densidad de siembra de 10.000 plantas/ha se redujo frente a la registrada el año anterior (Figura 15).

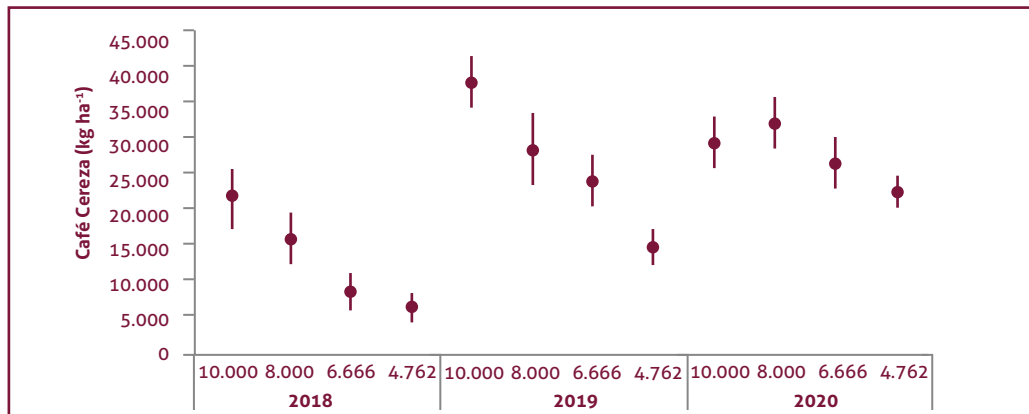


Figura 15. Producción anual de café cereza según la densidad de siembra (plantas/ha) en la localidad de Gigante. Las barras indican un intervalo de confianza del 95%.

En La Plata, el año 2019 determinó la máxima producción en las tres cosechas registradas, con las densidades de siembra mayores a 6.666 plantas/ha; así mismo, en el 2018 y 2019 estas densidades de siembra registraron producciones superiores a las obtenidas con una densidad de 3.460 plantas/ha. En el año 2020 la producción de 6.666 y 10.000 plantas/ha fue mayor respecto al promedio registrado con una población de 3.460 plantas/ha (Figura 16).

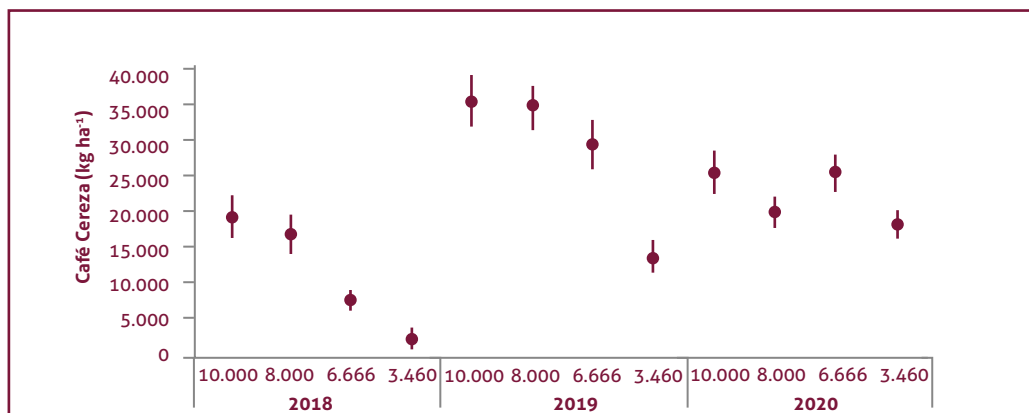


Figura 16. Producción anual de café cereza según la densidad de siembra (plantas/ha) en la localidad de La Plata. Las barras indican un intervalo de confianza del 95%.

Los primeros registros de producción en el municipio de Santa María iniciaron a finales del año 2018, de acuerdo con el patrón de cosecha descrito para la zona Norte, la cosecha

principal se registra en el primer semestre, lo cual explica la mínima cantidad de café cereza recolectado en ese momento; en el año 2019 se registró la mayor producción con la densidad de siembra de 10.000 plantas/ha. La cosecha del año 2020 registró los mayores promedios de producción con 8.000 y 10.000 plantas/ha (Figura 17).

Un total de dos cosechas se registraron en el municipio de Teruel. En esta localidad la mayor producción del año 2020 se obtuvo con las poblaciones de 8.000 y 10.000 plantas/ha (Figura 18), esta respuesta de los sistemas de producción establecidos con altas densidades de siembra a plena exposición solar, en el departamento del Huila, fue consistente y hace factible el incremento en el número de plantas para obtener ciclos de producción con mínimo cuatro cosechas.

Un aspecto que debe considerarse en los sistemas de producción de café en la zona Norte del departamento, es la mayor duración del período vegetativo de las plantas y el inicio de la primera cosecha después de los 24 meses de edad. En este caso para alcanzar ciclos de producción de cuatro cosechas, la plantación puede permanecer a libre crecimiento hasta una edad de seis años antes de la renovación por zoca.

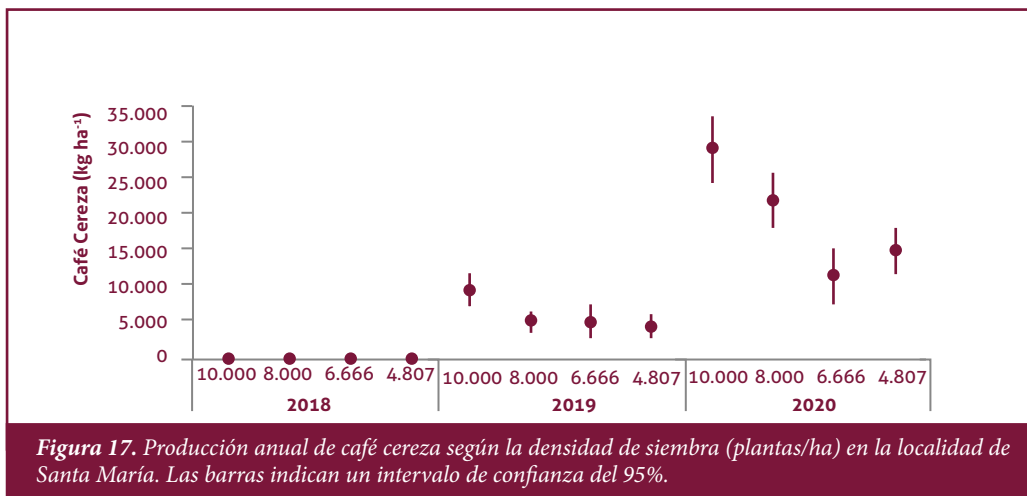


Figura 17. Producción anual de café cereza según la densidad de siembra (plantas/ha) en la localidad de Santa María. Las barras indican un intervalo de confianza del 95%.

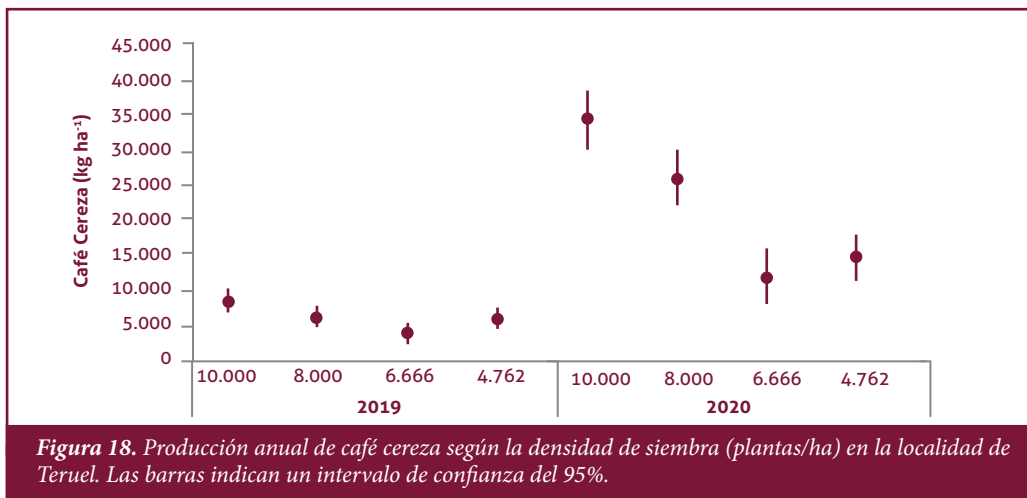


Figura 18. Producción anual de café cereza según la densidad de siembra (plantas/ha) en la localidad de Teruel. Las barras indican un intervalo de confianza del 95%.

Producción de café cereza acumulada

En las localidades de Acevedo y Pitalito la mayor producción acumulada en tres años de cosecha, se alcanzó con las densidades de siembra de 8.000 y 10.000 plantas por hectárea, en comparación con una densidad de siembra menor a 5.000 plantas por hectárea (Figura 19). Los altos volúmenes de producción registrados hasta la tercera cosecha en estos sitios, muestran una avanzada competencia de las plantas con deterioro de las ramas del tercio inferior y medio, lo cual conlleva a la formación de la cuarta cosecha sobre las ramas ubicadas en el tercio superior.

En Gigante y La Plata la mayor producción acumulada en tres años de cosecha se alcanzó con las densidades de siembra superiores a 6.666 plantas por hectárea (Figura 19). En estas localidades para el cuarto año de cosecha, las poblaciones con altas densidades de siembra muestran una menor competencia a diferencia de lo descrito para la zona Sur, esta es una condición a favor para el escalamiento en el número de plantas a establecer por hectárea, con ciclos de producción de mínimo cuatro cosechas.

Para una producción acumulada de dos cosechas en las localidades de Santa María y Teruel, la mayor producción acumulada se obtuvo con densidades de siembra de 8.000 y 10.000 plantas por hectárea (Figura 19). En consistencia con lo expuesto anteriormente, una característica de los sistemas de producción establecidos a plena exposición solar en estas localidades, es la capacidad de alcanzar ciclos de producción de mínimo cuatro cosechas con edades cercanas a los seis años.

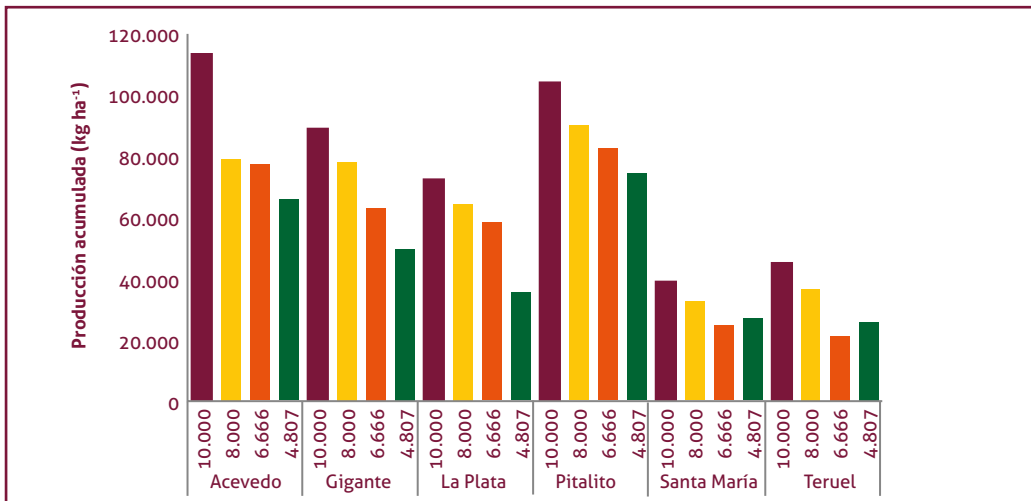


Figura 19. Producción acumulada de café cereza según la densidad de siembra (plantas/ha) en seis localidades del departamento del Huila.

En la zona Norte del departamento, de acuerdo con la descripción del crecimiento de las plantas de café (Tablas 3 y 4), para una misma edad, se presenta una menor altura y un menor número de ramas formadas en comparación con las demás localidades evaluadas, este panorama permite proyectar el incremento en las poblaciones de plantas a establecer por hectárea y un uso más eficiente de la oferta hídrica y lumínica en estos sitios.





El arreglo espacial en cuadro o en rectángulo con densidades de siembra entre 6.666 y 10.000 plantas por hectárea cumple un papel importante en la administración de las labores de manejo agronómico del cultivo, para los terrenos de alta pendiente un arreglo rectangular permite distribuir los surcos a través de la pendiente y facilita el recorrido de los operarios para realizar las diferentes labores. Si el terreno es plano y en las áreas de cultivo se presentan con frecuencia corrientes de aire frío que provocan daño en los puntos de crecimiento de las ramas y del tallo, el arreglo espacial en cuadro proporciona una barrera para mitigar este efecto.

Recomendaciones para el manejo agronómico de los sistemas de producción a libre exposición solar

El departamento del Huila posee características de oferta climática y propiedades de suelos con un alto potencial para el cultivo de café, ya sea acompañado de árboles de sombrío en aquellas zonas con mayores limitantes por déficit hídrico, o en sistemas establecidos a plena exposición solar en los sitios que cuentan con una mejor distribución de las lluvias en el año.

La densidad de siembra para la caficultura de la zona Norte del departamento, en sistemas a plena exposición solar, tiene la opción de escalarse hasta 10.000 plantas/ha con variedades de café de porte bajo como Cenicafé 1 y Castillo Zona Sur; si los terrenos son de alto grado de pendiente una densidad de siembra de 8.000 plantas/ha, establecida con un arreglo espacial rectangular, es adecuada para el desplazamiento de los operarios y facilita la logística en la cosecha. Los ciclos de producción con estas densidades de siembra se proyectan para una edad promedio de seis años.

En el Centro del departamento la caficultura a plena exposición solar con densidades de siembra en un rango de 8.000 a 10.000 plantas/ha presenta la mejor condición, para obtener ciclos de producción de cuatro cosechas, en un período de tiempo de cinco años aproximadamente.

Una mayor oferta hídrica, asociada con un rápido crecimiento de las plantas de café y registros de alta producción desde el segundo año de edad, en la zona cafetera Sur del departamento, son propicias para el establecimiento de densidades de siembra de aproximadamente 8.000 plantas/ha, con ciclos de producción proyectados a cuatro cosechas en períodos de cinco años.

La planificación oportuna de la renovación para recuperar la capacidad productiva de los sistemas de producción, una vez se completa el ciclo, es una condición para mantener la estabilidad de la producción a través del tiempo. La época recomendada para la renovación está indicada por el patrón de cosecha y la disponibilidad hídrica, después de la cosecha principal al finalizar el ciclo de producción, la renovación por zoca se efectúa en tiempo seco para evitar una mayor pérdida de sitios por la presencia de llaga macana, la renovación por siembras requiere períodos lluviosos para garantizar suficiente humedad en el suelo.

Durante la renovación por zoca o siembra la población de plantas inicial debe mantenerse, para lograr la recuperación de los sitios muertos en la etapa de levante del cultivo, es necesario disponer de almácigo suficiente con el fin de hacer las resiembras. En la obtención del material vegetal para siembra deben seguirse las recomendaciones que garantizan la calidad fitosanitaria y buen desarrollo de los colinos con las variedades de café certificadas para la caficultura colombiana.

La nutrición del cultivo tiene como punto de partida el análisis de fertilidad del suelo, la vigencia de estos análisis es de dos años. Una correcta fertilización depende del conocimiento de las propiedades del suelo y de las épocas recomendadas de aplicación para un mayor aprovechamiento de los nutrientes.

El manejo integrado de arvenses a través de las diferentes estrategias de control (manual, mecánico y químico), es determinante para reducir la competencia de estas especies sobre el cultivo de café, además un correcto manejo de las coberturas en el suelo presenta ventajas sobre la conservación de los suelos y es importante para el equilibrio y la supervivencia de diferentes controladores biológicos de plagas de interés económico del café. Los dos primeros años de crecimiento de las plantas representan el período de mayor intensidad en los controles para evitar disminución en la producción del cultivo.

Para el manejo de los principales problemas fitosanitarios identificados en cada localidad, se cuenta con herramientas que deben adoptarse para tener éxito en las decisiones, los registros de floración para identificar los períodos críticos, el reconocimiento de las principales plagas y enfermedades, el monitoreo oportuno y las alertas tempranas son de gran ayuda para evitar prácticas y costos innecesarios.



Literatura citada

- Arcila Pulgarín, J. (2007). Renovación y administración de los lotes para estabilizar la producción de café en la finca. En J. Arcila, F. Farfán, A. Moreno, L. Salazar, & E. Hincapié (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia: crecimiento, desarrollo, floración y producción*. (1ra ed., pp. 145–160). Cenicafé. <http://hdl.handle.net/10778/720>
- Benavides Machado, P., Laiton-Jiménez, L. A., & López-Franco, F. (2019). Alertas tempranas para el manejo de plagas. 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. 1. 2015-2019 (pp. 106–135). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0005_5
- Castro, A. M., Rivillas-Osorio, C. A., Serna-Giraldo, C., & Mejía, C. G. (2008). Germinadores de café: construcción, manejo de *Rhizoctonia solani* y costos. *Avances Técnicos Cenicafé*, 368, 1–12. <http://hdl.handle.net/10778/4176>
- Farfán, F. (2020). Sistemas de producción: Conceptos y definiciones. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Manejo Agronómico de los Sistemas de Producción de Café* (pp. 14–33). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0002_1
- Gaitán, A., Villegas, C., Rivillas-Osorio, C. A., Hincapié, E., & Arcila, J. (2011). Almacigos de café: Calidad fitosanitaria manejo y siembra en el campo. *Avances Técnicos Cenicafé*, 404, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/350>
- Gil, Z. N., Benavides Machado, P., & Villegas-García, C. (2015). Manejo integrado de las cochinillas de las raíces del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 459, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/637>
- Mestre, A., & Ospina, H. F. (1994). Manejo de los cafetales para estabilizar la producción en las fincas cafeteras. *Avances Técnicos Cenicafé*, 201, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/1061>
- Ramírez, H., Gil-Palacio, Z., Benavides Machado, P., & Bustillo-Pardey, Á. E. (2008). *Monalonion velezangeli* La chinche de la chamusquina del café. *Avances Técnicos Cenicafé*, 367, 1–8. <http://hdl.handle.net/10778/392>
- Rendón, J. R. (2020). Administración de sistemas de producción de café a libre exposición solar. En Centro Nacional de Investigaciones de Café (Ed.), *Manejo Agronómico de los Sistemas de Producción de Café* (pp. 34–71). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0002_2
- Sadeghian, S., Alarcón, V. F., Díaz-Poveda, V., Lince-Salazar, L. A., & Rey-Sandoval, J. C. (2019). Fertilidad del suelo y manejo de la nutrición. 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* (pp. 80–105). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0005_4
- Salazar, S., Hoyos, J., Quiroga-Mosquera, A., & García-López, J. C. (2019). Zonas agroecológicas. 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* (pp. 08–31). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/10791/0005_1