

Establecimiento de cafetales al sol

Víctor Hugo Ramírez Builes

Cerca del 50% de la caficultura Colombiana se encuentra establecida en sistemas de producción a libre exposición solar o al sol (SICA, 2012), por lo tanto una adecuada decisión en el establecimiento contribuye a estabilizar y a aumentar la producción de café en Colombia. En este capítulo se presentan conceptos sobre los requerimientos básicos para establecer y manejar un sistema de café a libre exposición solar. Se hace especial énfasis en la etapa del establecimiento del cultivo, la cual es muy importante y recomendable que el caficultor se tome su tiempo en la definición de cual es la mejor manera de hacerlo de acuerdo a sus condiciones tanto ambientales como de manejo, debido a que una vez establecido el cultivo, éste deberá permanecer por lo menos por 20 años, y la única opción de alguna mejora será hasta la primera renovación entre los 5 y 9 años.

Por otra parte, es muy importante que las plantas provenientes del proceso de germinador y el almácigo estén en las mejores condiciones fisiológicas, de nutrición y sanitarias. En este capítulo encontrará criterios que le ayudarán a establecer la densidad de siembra y el arreglo espacial adecuados en función de sus características ambientales y de manejo, que le permitirán incrementar la productividad y lograr el uso eficiente de los recursos como el agua y la energía.



Cómo Citar:

Ramírez-Builes, V. H. (2013). Establecimiento de cafetales al sol. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 2, pp. 28–43). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_17

Conceptos Generales

El concepto de cafetales al sol aplica para los sistemas de producción de café sin árboles forestales o agroforestales asociados con su cultivo, pero no necesariamente significa que sea un cultivo de café sin árboles o un monocultivo de café, ya que bajo este esquema de sistema de producción a libre exposición solar, se puede y es recomendable tener árboles en franjas o en los bordes de los lotes, entre otras opciones, como componente del sistema de producción.

En el primer año de establecimiento del cultivo, es recomendable el uso de otros cultivos intercalados de ciclo corto como el maíz y el frijol (Ver capítulo Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos), que permiten la diversificación del ingreso de la finca cafetera y amortiguan los costos de establecimiento y manejo del cultivo principal, en este caso café, durante el primer año. Por otra parte, tener árboles en franjas (Figura 1), no intercalados con el cultivo de café, es importante para proteger y mantener la biodiversidad, como componente esencial del paisaje.



Figura 1.

Cafetales al sol con árboles como componente del paisaje cafetero y como estrategia de barreras protectoras.

El objetivo de tener un sistema de producción de café a libre exposición solar o al sol, es el de especializar la producción del sistema en café, lo que significa en términos prácticos, producir más café en la misma área. Hasta mediados de la década de 1970, los sistemas de producción de café en Colombia, se caracterizaban por estar establecidos en variedades de café de porte alto (Variedades Típica y Borbón), en bajas densidades de siembra con menos de 2.500 árboles/ha, intercalado con árboles comúnmente denominado sombrío, con una producción de café hasta esa fecha, inferior a los 10 millones de sacos. Luego de la mitad de la década de 1970, con la llegada de las variedades de porte bajo como Caturra, la regulación del sombrío y el aumento en las densidades de siembra a más de 2.500 árboles/ha, hubo un aumento de la producción de café por encima de los 10 millones de sacos (Figura 2).

Consideraciones prácticas

El tener un sistema de producción de café a libre exposición solar, permite aumentar la eficiencia de los factores de producción, tanto ambientales, genéticos y de manejo, eso no significa que la producción de café a libre exposición solar sea una alternativa para todos los caficultores y para todas las zonas del país, por lo tanto, en este capítulo se hace una presentación general de las características de los sistemas de producción al sol, de sus requerimientos o exigencias básicas y sus limitantes, al igual que se analizan algunas estrategias para lograr el mayor uso eficiente de los recursos bajo esta modalidad de sistema de producción.

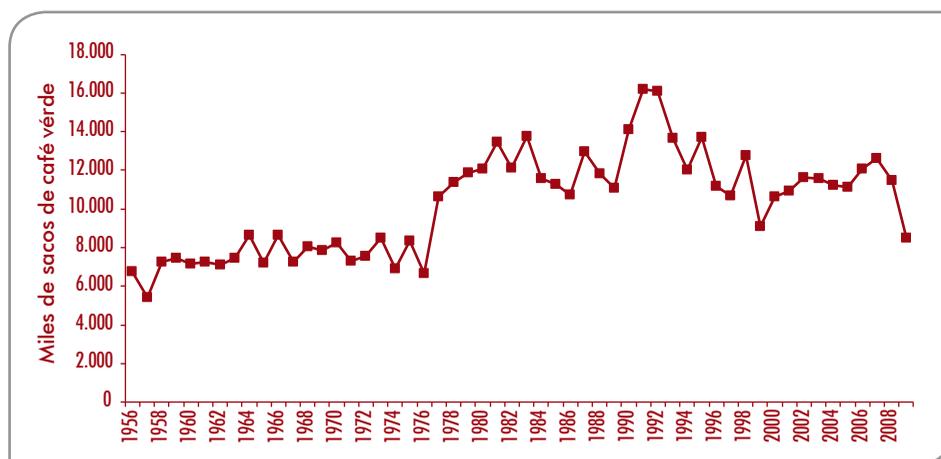


Figura 2.

Producción de café en Colombia desde 1956 al 2009 (Fuente: FNC, 2011).

Lo anterior demuestra cómo con la integración de los **factores genéticos** (Cambio de variedad) y **los factores de manejo**, como la regulación de la competencia (Sombrío), aumento de la densidad de siembra y la nutrición, es posible mejorar la producción y, por ende, la productividad del sistema (Ver capítulo Factores climáticos que intervienen en la producción de café).

Requerimientos generales de la producción de café a libre exposición solar

Para tener un sistema de producción de café al sol, se deben de tener unos requisitos mínimos a saber:

Disponibilidad hídrica. La disponibilidad hídrica es el primer factor que determina si el sistema de producción de café se puede establecer a libre exposición solar o no. Para establecer un sistema de café al sol es necesario que en una zona no existan más de dos meses consecutivos secos y lluvias inferiores a 100 mm al mes (Jaramillo *et al.*, 2011) (Ver capítulo Factores climáticos que influyen en la producción de café).

Tipo de suelo (Capacidad de almacenamiento de agua y resistente a la erosión). El tipo de suelo es el segundo criterio para definir si el sistema de producción de café se puede establecer al sol, y en este aspecto hay dos consideraciones generales: i) La capacidad del suelo de almacenar agua; y ii) La susceptibilidad del suelo a la erosión y movimientos en masa.

Debido a que la caficultura en Colombia se hace sin riego, la disponibilidad hídrica para el cultivo la determina la distribución de las lluvias y la capacidad del suelo para retener o almacenar esa agua y entregarla a la planta. Suelos con capacidades de almacenamiento de agua del suelo (CA) superiores a 80 mm, pueden amortiguar mejor los períodos de déficit hídrico, por ejemplo, en una zona marginal baja, inferior a 1.200 m de altitud, puede pasar un mes sin lluvia y no se afecta la producción y la funcionalidad del cultivo, pero si la capacidad de almacenamiento de agua del suelo es inferior a los 80 mm, ya necesita al mes por lo menos 40 mm de lluvia. En la Tabla 1 se presentan los valores promedio de capacidad de almacenamiento de agua del suelo de diferentes unidades de suelo de la zona cafetera de Colombia.

Disponibilidad de energía. En cuanto a la disponibilidad de energía, hay dos aspectos fundamentales a considerar al momento de establecer



Consideraciones prácticas

Suelos susceptibles a la erosión y a los movimientos en masa necesitan incorporar sistemas agroforestales como estrategia de conservación de los suelos; si las zonas son muy húmedas y de bajo brillo solar, para que no se afecte negativamente la productividad del cafetal, el sistema agroforestal no debe intercalarse con el cultivo, sino en franjas o barreras, en sentido perpendicular a la pendiente, e intensificar otras prácticas adicionales de conservación de suelo y taludes.

cafetales al sol: i) La temperatura del aire y ii) El brillo solar.

La temperatura del aire determina las tasas de fotosíntesis del café, la respiración y foto-respiración (Ver capítulos de Gestión del riesgo agroclimático y Factores climáticos que influyen en la producción de café). Cuando la temperatura media del aire es superior a 22°C, de acuerdo con Chavés y Jaramillo (2008), la temperatura máxima llega a ser de 27°C, y las tasas de fotosíntesis de acuerdo con Mosquera *et al.* (1999), se reducen a partir de los 25°C, por lo tanto, no se recomienda establecer sistemas al sol para las variedades sembradas en Colombia cuando la temperatura media del aire es superior a 22°C, a partir de este punto es necesario establecer sistemas agroforestales, que en la zona andina se registran a altitudes inferiores 1.200 m, en la zona Atlántica inferiores a 1.000 m, y en la región Oriental y Pacífica inferiores a 900 m.

Por otra parte, **el brillo solar puede determinar la saturación lumínica en el cultivo**, la cual se conjuga con altas temperaturas y puede generar procesos de foto-respiración (Respiración en el día) y caída de fotosíntesis con reducción en el rendimiento, para el caso específico de Colombia, el brillo solar determina los porcentajes de sombrío máximo en las zonas que por disponibilidad hídrica y por temperatura no pueden tener cafetales al sol.

Variedad. La variedad junto con la disponibilidad hídrica y la temperatura, determinan la densidad de siembra, número de plantas por unidad de área (Plantas/ha). En Colombia, de acuerdo al porte o altura se siembran dos tipos de variedades de café a saber: i) Variedades de porte alto, como Típica, Borbón y Tabi; y i) Variedades de porte bajo, como Caturra, Colombia y Castillo®, que son las más sembradas en Colombia y las que han permitido

Departamento	Unidad	Capacidad de almacenamiento de agua a 50 cm (mm)
Antioquia	Salinas	43,3
	Amagá	43,8
	Salgar	46,7
	Suroeste	46,8
	Titiribí	49,6
	Venecia	51,2
	Pueblito	52,2
	200	84,3
	Chinchiná	98,2
Valle	Malabar	17,5
	La Estrella	22,4
	Parnaso	48,3
	200	56,4
	Higuerones	74,4
	Chinchiná	119,0
Cauca	El Hato	47,4
	Timbío	54,3
	Piendamó	54,6
	Cajibío	62,7
	Puenza	68,7
Risaralda	Parnaso	45,2
	Malabar	48,1
	Pulpito	59,6
	Catarina	65,1
	Belén	66,8
	Chinchiná	74,0

Departamento	Unidad	Capacidad de almacenamiento de agua a 50 cm (mm)
Caldas	Tareas	44,6
	Santillana	46,4
	Chuscal	48,9
	Guamal	53,4
	Frisolina	54,3
	Bodega	55,6
	Socorro	59,3
	Malabrigo	62,2
	Chinchiná	65,1
	Malabar	66,9
	Cascarero	70,1
	Violeta	72,8
	Tablazo	74,7
	Las Vegas	85,6
	Marquetalia	98,6
	Fresno	98,7
	Peña Azul	105,1
Quindío	Letras	109,2
	Malba	156,1
	Buenavista	53,2
	Génova	53,9
	Chinchiná	60,9
	Malabar	66,7
	Patio	71,6
	Patio Bonito	72,6
	Montenegro	87,8
	Quindío	93,8
Filandia	105,9	

Tabla 1.

Capacidad de almacenamiento de agua del suelo para diferentes unidades de suelo de la zona cafetera de Colombia (Archivo histórico Cenicafé).

el desarrollo en muchas zonas del país de la caficultura al sol y en altas densidades.

Capacidad de manejo agronómico del cultivo.

Cuando se toma la decisión de sembrar a libre exposición cambian las características del sistema de producción, por lo que algunas prácticas de cultivo requieren de unos recursos adicionales y de una planeación apropiada tales como manejo integrado de arvenses, fertilización, resiembra, monitoreo y control fitosanitario. Por lo tanto, es importante considerar la capacidad de manejo agronómico del cultivo, al momento de tomar la decisión de establecer un cultivo de café al sol.

Exigencias de un sistema de producción de café al sol

El sistema de producción al sol tiene unas exigencias mínimas que orientan su manejo:

El manejo del sistema del cafetal al sol hace referencia a todas las prácticas agronómicas que son necesarias para asegurar una máxima productividad del cultivo, como son:

La nutrición	El cultivo de café a libre exposición es exigente en nutrición y responde a la fertilización, y en términos generales, puede verse comprometida su productividad en caso de que su fertilización no se haga o sea escasa (Ver capítulo de Nutrición de cafetales)
El manejo integrado de arvenses	El cultivo de café es muy exigente en manejo de arvenses los dos primeros años después de la siembra, en los casos en los cuales no se haga un buen control de arvenses pueden haber pérdidas en productividad (Ver capítulo de Manejo integrado de arvenses).
El manejo integrado de plagas y enfermedades	En cafetales susceptibles a la roya del cafeto, por mal manejo o sin manejo, puede perderse hasta un 23% del acumulado de cuatro cosechas en ausencia de control (Rivillas et al., 2005)
Uso de variedades resistentes, calidad de la recolección, densidad y arreglo espacial y renovación.	

A continuación se hace énfasis en las prácticas de densidad y arreglo espacial debido a que las otras serán abordadas en otros capítulos por su importancia e implicaciones directas en el sistema de producción.

Una vez se ha valorado que desde el punto de vista climático, de suelos y capacidad de manejo agronómico es posible establecer cafetales al sol, se debe definir un aspecto clave en los sistemas de producción de café a libre exposición solar, y es la densidad de siembra y el arreglo espacial.

La densidad de siembra

Como se definió anteriormente, **la densidad de siembra hace referencia al número de plantas por unidad de área**, en el contexto general se habla de plantas por hectárea (Plantas/ha), pero se puede hablar de plantas por metro cuadrado, por cuadra, entre otros. En el caso específico del cultivo de café, se ha introducido un concepto adicional que es el **número de tallos por hectárea** (Tallos/ha), debido a que al cultivo de café, en el momento del almácigo, se le puede eliminar la yema terminal o “descope” y estimular la formación de dos brotes nuevos o dos tallos (Duque et al., 2003; Arcila, 2007), o se pueden sembrar dos plantas en un mismo sitio, lo que equivale a tener dos tallos por sitio (Uribe y Mestre, 1988a), por ejemplo, se pueden sembrar 5.000 sitios/ha sin descopar y tener una densidad de 5.000 plantas/ha, o se pueden sembrar 5.000 sitios/ha con plantas descopadas o con dos plantas por sitio, y tener una densidad aproximada de 10.000 tallos/ha.

El arreglo espacial

Hace referencia a la disposición de las plantas en el campo, por ejemplo, surcos sencillos, surcos dobles, siembras al triángulo, siembras en rectángulo, entre otros (Figuras 3 y 4).

De acuerdo con Arcila, (2007) desde el punto de vista fisiológico de la eficiencia de la interceptación de la radiación solar, el arreglo espacial ideal es la equidistancia entre determinada parte de la planta y sus vecinos inmediatos, pero además de buscar mayor eficiencia en la interceptación de la energía, el arreglo espacial en café debe ayudar a reducir costos de siembra, facilitar mayor espacio para cultivos intercalados, el manejo fitosanitario, manejo de arvenses y la recolección del café.



Uno de los grandes aportes de la Disciplina de Mejoramiento Genético a la productividad del café, ha sido el haber utilizado plantas de café de porte bajo y de menor distancia de entrenudos, estas dos características junto con la arquitectura de las plantas, han permitido sacarle el máximo provecho al establecimiento del café a libre exposición solar. Dicho de otra manera, plantas de café de porte bajo como las variedades Colombia o Castillo®, permiten altas densidades de siembra, hasta 10.000 plantas/ha (Arcila, 2007), mientras que materiales de porte alto como Tabi, no permiten tener el mismo tope de densidad de siembra que las de porte bajo¹, hasta 8.000 plantas/ha.

¹ Farfán V., F. 2013. Comunicación Personal.

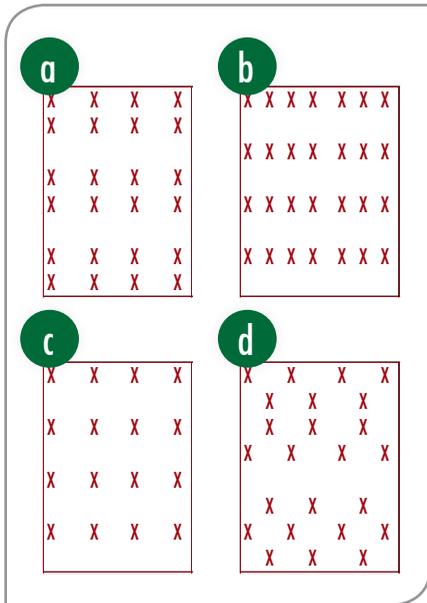


Figura 3.

Arreglos espaciales en café. **a.** Surcos dobles; **b.** Siembra en rectángulo con mayor distancia entre calles y menor entre plantas; **c.** Siembra en cuadrado con igual distancia entre plantas y surcos; **d.** Siembra en triángulo.



Figura 4.

Ejemplo de tres arreglos espaciales de café a libre exposición.

Densidad de siembra y el arreglo espacial

Antes de mirar la relación entre densidad de siembra y arreglo espacial, producción y productividad, es necesario revisar la definición de ambos términos. La **productividad** según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española se define como “la capacidad o grado de producción por unidad de trabajo, superficie de tierra o cantidad de recurso”, la productividad es por lo tanto, un indicador de eficiencia que relaciona la cantidad producida por unidad de recurso utilizado, mientras la **producción** definida por la Real Academia es “la acción

de producir”, pero dicha definición no considera el recurso empleado en la acción.

Desde el punto de vista del sistema de producción de café al sol, una planta de café produce más en densidades bajas que en densidades altas, por ejemplo, en el acumulado de cuatro cosechas una planta sembrada a una densidad de 5.000 plantas/ha, produce 0,99 kg de café pergamino seco c.p.s., mientras que la misma planta, después de las mismas cuatro cosechas, sembrada a una densidad de siembra de 10.000 plantas/ha, produce 0,54 kg de c.p.s. (Figura 5); caso contrario cuando se analiza la producción por unidad de área, la cual es mayor con 10.000 plantas/ha que con 5.000 plantas/ha (Figura 6).

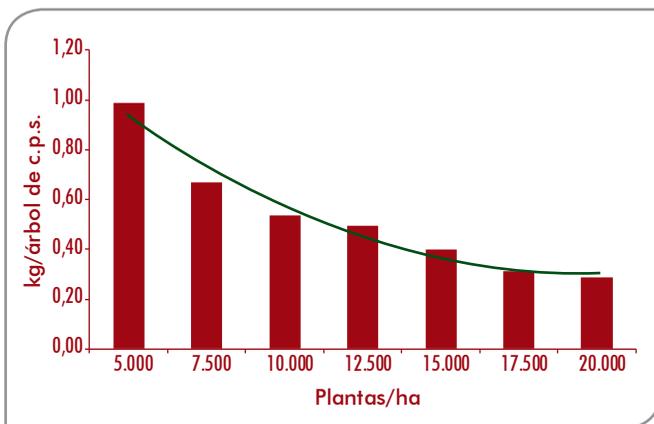


Figura 5.

Relación entre la densidad de siembra y la producción acumulada de cuatro cosechas por planta, sembradas al cuadro (Adaptado de Uribe y Mestre, 1988).

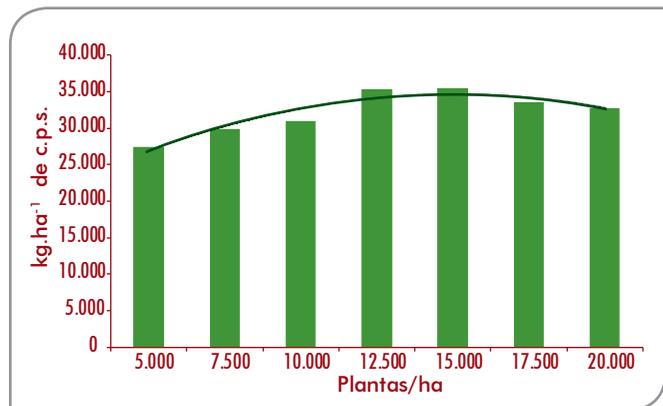


Figura 6.

Relación entre la densidad de siembra y la productividad acumulada de cuatro cosechas por planta, sembradas al cuadro (Adaptado de Uribe y Mestre, 1988).

Puede tenerse igual densidad de siembra con diferentes distancias entre surcos y entre plantas, dispuestas de diferentes maneras, es a lo que se denomina **arreglo espacial**.

Los arreglos espaciales en café pueden ser en fajas, al cuadro, al rectángulo o al triángulo; en la Tabla 2, se muestra un ejemplo de dos tipos de arreglos (Cuadro y rectángulo) para diferentes densidades de siembra (Uribe y Mestre, 1988), y se observa que en una localidad como Naranjal, a 1.400 m de altitud, no hay diferencias en producción entre estos dos tipos de arreglos espaciales, a las mismas densidades de siembra (Figura 7), pero no significa que sea una constante en otros ambientes diferentes al de Naranjal, como se explicará más adelante.

En la Tabla 3, se presentan otras opciones de distancias de siembra para diferentes arreglos espaciales en cafetales a libre exposición solar o al sol.

De acuerdo con Uribe y Mestre (1988), el acortamiento de las distancias de siembra en condiciones de Naranjal-

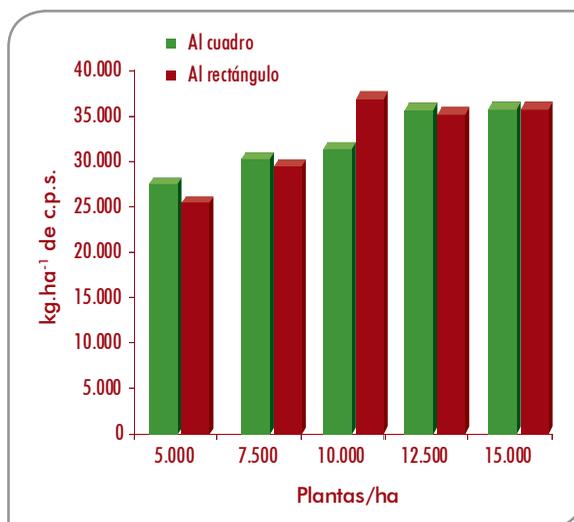


Figura 7.

Producción de café, acumulada de cuatro cosechas, para diferentes densidades de siembra, en dos arreglos espaciales para condiciones de Naranjal, Caldas (Uribe y Mestre, 1988).

Disposición geométrica o arreglo espacial	Distancia de siembra (m)	Plantas/ha
Cuadro	0,82 x 0,82	15.000
Rectángulo	0,50 x 1,34	15.000
Cuadro	0,90 x 0,90	12.500
Rectángulo	0,80 x 1,00	12.500
Cuadro	1,00 x 1,00	10.000
Rectángulo	0,85 x 1,25	10.000
Cuadro	1,15 x 1,15	7.500
Rectángulo	1,00 x 1,30	7.500
Cuadro	1,42 x 1,42	5.000
Rectángulo	1,20 x 1,72	5.000

Tabla 2.

Opciones de arreglo espacial para diferentes densidades de siembra.

Surco/planta	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50	2,75
1,00	20.000	13.333	10.000	8.000	6.667	5.714	5.000	4.444	4.000	3.636
1,25	16.000	10.667	8.000	6.400	5.333	4.571	4.000	3.556	3.200	2.909
1,50	13.333	8.889	6.667	5.333	4.444	3.810	3.333	2.963	2.667	2.424
1,75	11.429	7.619	5.714	4.571	3.810	3.265	2.857	2.540	2.286	2.078
2,00	10.000	6.667	5.000	4.000	3.333	2.857	2.500	2.222	2.000	1.818
2,25	8.889	5.926	4.444	3.556	2.963	2.540	2.222	1.975	1.778	1.616
2,50	8.000	5.333	4.000	3.200	2.667	2.286	2.000	1.778	1.600	1.455
2,75	7.273	4.848	3.636	2.909	2.424	2.078	1.818	1.616	1.455	1.322

Tabla 3.

Número de plantas por hectárea según la distancia de siembra entre surcos y entre plantas (Arcila, 2007).

Chinchiná (Caldas), en materiales de porte bajo, resultaron en aumentos de la producción hasta obtener su máximo a 14.700 plantas/ha, y declinó a partir de este punto (Figura 6), sin embargo, se considera que los aumentos de producción después de los 10.000 plantas/ha, son tan pequeños que no se justifica la mayor inversión por concepto de siembra de un mayor número de plantas (Figura 7), además de las dificultades de manejo y control de broca, por tal motivo, muchos caficultores prefieren tener densidades menores de 10.000 plantas/ha, pero con la incorporación de la práctica del descope, se puede pensar en tener densidades de siembra de 6.000 o 7.000 sitios /ha descopados que equivaldrían a una densidad de tallos aproximada de 12.000 a 14.000 tallos/ha, en ambientes que lo soporten.

Densidad de siembra y arreglo espacial en función del ambiente

Uno de los factores limitantes de emplear altas densidades de siembra en ambientes de rápido crecimiento, como aquellos en donde la temperatura media del aire es superior a 20°C, con buena disponibilidad hídrica, es que al cabo de 3 ó 4 años se hace particularmente difícil el manejo agronómico del cultivo, la recolección y el manejo de la broca, y en condiciones de eventos de variabilidad climática como La Niña, la presencia de una película de agua en el follaje y el cultivo, lo hace particularmente vulnerable al ataque de hongos fitopatógenos de importancia económica, como el mal rosado (Galvis, 2002), y la gotera (Rivillas y Castro, 2011). Por lo tanto, para estas zonas, las altas densidades vía distancias equidistantes entre plantas y entre surcos no es la mejor opción, pero sí se pueden explorar distancias menores entre plantas y mayores entre calles, o el uso de otras prácticas para el arreglo como la siembra de dos plantas por sitio o la eliminación de la yema terminal de las plantas en almácigo o descope (Ver capítulo de Manejo integrado de almácigos).

Por ejemplo, en la Figura 8, se observa la producción de café en seis localidades contrastantes de la zona cafetera, durante cuatro cosechas, con dos arreglos a saber: 10.000 plantas/ha con igual número de tallos y 5.000 plantas/ha con dos plantas por sitio, equivale a tener 10.000 tallos/ha (Uribe y Mestre, 1988a); en este caso se observa que no hay diferencias en el promedio de la producción de las seis localidades, entre ambas alternativas. En la siembra con 5.000 plantas/ha con dos plantas por sitio, el promedio de producción de cuatro cosechas para la seis localidades fue de 603,17 @.ha⁻¹ de c.p.s., mientras que 10.000 plantas/ha, con igual número de tallos, el promedio de la producción fue de 638,33 @.ha⁻¹ de c.p.s.

Al comparar el promedio de la producción por localidad, se observan diferencias en la producción acumulada de cuatro cosechas, entre las localidades (Figuras 9 y 10), lo

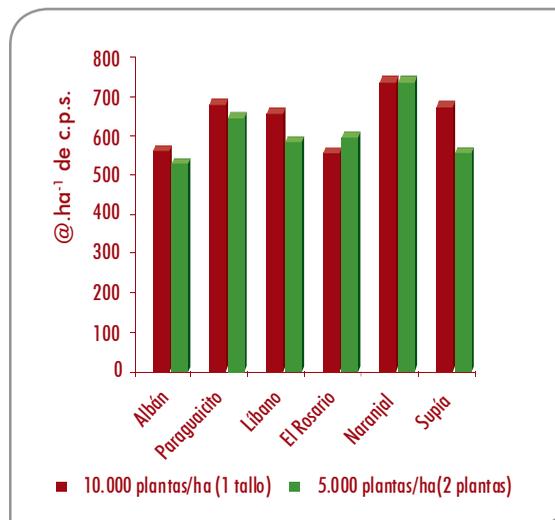


Figura 8.

Producción acumulada de cuatro cosechas para dos arreglos espaciales de café, en diferentes localidades (Mestre y Salazar, 1995).

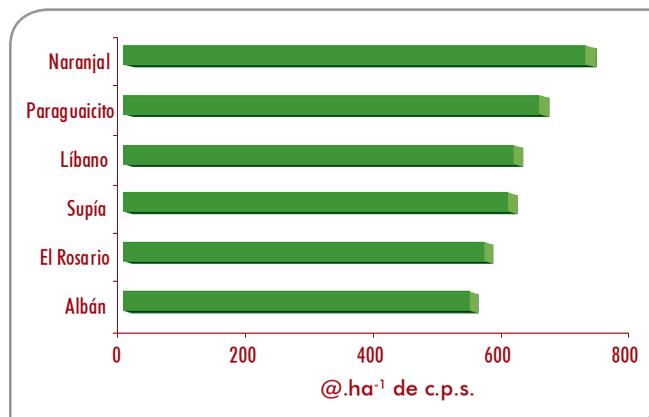


Figura 9.

Producción acumulada de cuatro cosechas, para 10.000 plantas/ha, en diferentes localidades (Mestre y Salazar, 1995).

que además sugiere que la densidad y el arreglo espacial será específico para cada condición ambiental (Clima y suelo), tal y como se presenta en la Figura 10, para otras localidades en diferentes densidades de siembra y arreglos espaciales.

Arcila (2007) afirma que “la oferta ambiental determina el potencial productivo específico y el objetivo de la densidad de siembra óptima es el de contribuir a la mayor eficiencia en la utilización de los recursos disponibles para ese sitio”, a la expresión anterior hay que incluir la densidad de siembra óptima y el arreglo espacial.

Por ejemplo, en seis localidades contrastantes de la zona cafetera de Colombia, las mayores producciones acumuladas durante cuatro cosechas, se obtuvieron con altas densidades pero diferentes arreglos espaciales, a saber: En las localidades de Albán (Valle del Cauca), Paraguaicito (Quindío), Líbano (Tolima) y Supía (Caldas), se obtuvo la mayor producción con 10.000 sitios/ha con 10.000 tallos/ha; por el contrario, en El Rosario (Antioquia) la mayor producción se obtuvo con 5.000 sitios/ha, con dos tallos por planta (10.000 tallos/ha); mientras que en Naranjal (Caldas), la mayor producción se registró con 5.000 sitios/ha, con tres tallos por planta (15.000 tallos/ha).

En zonas donde la temperatura media del aire es inferior a 20°C, el crecimiento de la planta se hace más lento, y además si tiene mayor riesgo a eventos de variabilidad climática como La Niña, se pueden manejar altas densidades, variando el arreglo espacial de distancias equidistantes entre plantas y surcos, con el objetivo de compensar el bajo crecimiento con densidad (Ver capítulos de Gestión del riesgo agroclimático), por ejemplo, en la Tabla 3 se presentan opciones de arreglo espacial para una sola planta por sitio y en la Tabla 4 opciones de arreglo espacial con dos plantas o dos tallos por sitio.

La combinación entre el ambiente (Temperatura media del aire) y la densidad de siembra (Plantas/ha o tallos/ha), determinan el momento después de la siembra (Años), en el cual se alcanza el máximo desarrollo foliar (Tabla 5). Por ejemplo:

- Una zona con una temperatura promedio de 16°C, con 5.000 tallos/ha, alcanza su máximo desarrollo foliar 6,6 años después de la siembra y se recomienda hacer renovación por zoca a los 8,0 años. Por el contrario, en la misma localidad, con una densidad de 10.000 tallos/ha el cultivo alcanza su máximo desarrollo foliar 5,7 años después de la siembra y se recomienda hacer renovación por zoca a los 7,2 años.
- En una zona con una temperatura promedio de 20°C, con 5.000 tallos/ha, el cultivo alcanza su máximo

Consideraciones prácticas

En términos prácticos, es posible reducir el número de sitios sembrados y mantener una alta densidad de tallos, entre 10.000 y 15.000 tallos/ha, con beneficios como los menores costos de siembra, por el menor número de plantas, y de fertilización durante el primer año, debido a que en esta edad se recomienda la fertilización por planta, además del hecho de tener más espacio entre calles, lo cual permite el uso de cultivos intercalados como maíz, fríjol, tomate (Moreno y Rivera, 2003), plátano (Moreno et al., 2004), fríjol relevo maíz (Moreno, 2012) o lulo (Ramírez y Duque, 2011), entre otros.

desarrollo foliar 4,7 años después de la siembra y se recomienda hacer renovación por zoca a los 6,2 años, mientras que con una densidad de 10.000 tallos/ha alcanza su máximo desarrollo foliar 3,9 años después de la siembra y se recomienda hacer renovación por zoca a los 5,4 años.

Las épocas de renovación en cafetales al sol no son fijas, éstas dependen de las condiciones ambientales y de las densidades de siembra.

Dos tallos por sitio				
Distancia surco (m)	Distancia planta (m)			
	0,60	0,75	1,00	1,50
1,00				13.333
1,25			16.000	10.667
1,50			13.333	8.889
1,75		15.238	11.429	7.619
2,00	16.667	13.333	10.000	6.667

Tabla 4.

Arreglos especiales posibles para café de porte bajo, con dos tallos por planta o dos plantas por sitio.

Temperatura media (°C)	Densidad (Tallos/ha)	Máximo desarrollo foliar (Años)	Renovación después de siembra (Año)
14,0	5.000	7,5	9,0
16,0	5.000	6,6	8,1
18,0	5.000	5,6	7,1
20,0	5.000	4,7	6,2
22,0	5.000	3,8	5,3
14,0	7.500	7,1	8,6
16,0	7.500	6,2	7,7
18,0	7.500	5,2	6,7
20,0	7.500	4,3	5,8
22,0	7.500	3,3	4,8
14,0	10.000	6,7	8,2
16,0	10.000	5,7	7,2
18,0	10.000	4,8	6,3
20,0	10.000	3,9	5,4
22,0	10.000	2,9	4,4

Tabla 5.

Relación entre la temperatura media del aire y la densidad de siembra con el número de años después de la siembra, donde se alcanza el máximo desarrollo foliar y en los que se recomienda hacer la renovación.

Mecanismos para aumentar la densidad de siembra

Aumento de la densidad de tallos en cafetales establecidos

En cafetales establecidos y con baja densidad de siembra, se puede corregir o aumentar la densidad de tallos por hectárea, al momento de la renovación o zoqueo.

En cafetales con bajas densidades de siembra, entre 2.500 y 5.000 sitios/ha, al momento de la renovación pueden dejarse hasta tres chupones o tallos por zoca, y aumentar la densidad de tallos entre 7.500 a 15.000 tallos/ha (Figura 10).

En densidades de siembra entre de 5.000 y 7.500 sitios/ha se pueden dejar dos tallos y aumentar la densidad de tallos entre 10.000 y 15.000 tallos/ha (Figura 11).

En densidades de siembra mayores a 9.000 sitios/ha se recomienda dejar solo un tallo, teniendo mucho cuidado con la resiembra, en este sentido Moreno (2010), encontró que independiente del arreglo y la densidad, el número máximo de sitios perdidos que se debe permitir en un lote, sin que se afecte la producción de café,

corresponde al 10% de la densidad de siembra del lote (Tabla 6), lo cual se evita asegurando al momento de la siembra y la renovación una cantidad extra de plantas para la resiembra y recuperación de sitios perdidos.

Aumento de la densidad de tallos con la eliminación de la yema terminal en almácigos

La eliminación de la yema terminal o descope en plantas de café en almácigo se empezó a recomendar por Cenicafé en el año 2003 (Duque *et al.*, 2003), a partir de ese momento se ha popularizado su uso como una estrategia de aumentar la densidad de tallos en siembras nuevas de café, con menor densidad de sitios sembrados. De acuerdo a resultados de investigación recientes (Ramírez y Rendón, 2012), se ha encontrado que las plantas de café en almácigo pueden descoparse desde el primer mes de siembra hasta incluso el sexto mes (Figura 12), pero es más recomendable hacerlo entre el primero y el cuarto mes, con el objetivo de evaluar el porcentaje de formación de los dos tallos y poder corregir antes de la siembra.

El descope al primero, segundo, tercero y cuarto mes, tanto a libre exposición como en sombra no presenta diferencias en área foliar respecto al testigo sin descope, pero sí hay diferencias en el área foliar, en ambas condiciones (Libre exposición y sombra), en las

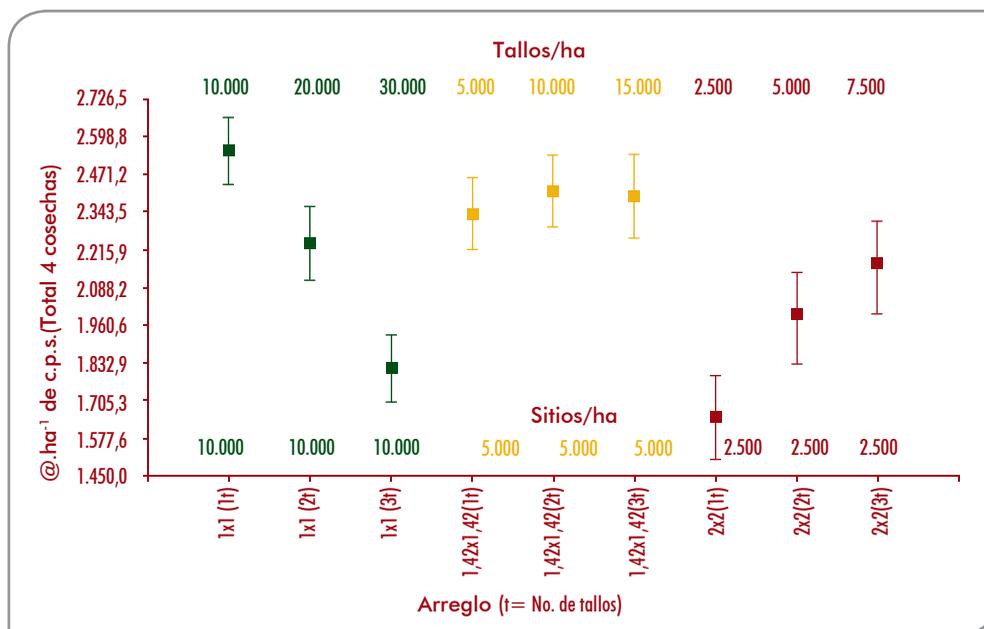


Figura 10.

Promedio de la producción de café, con variedades de porte bajo a libre exposición solar, para diferentes arreglos espaciales, número de sitios sembrados y el número de tallos. Los datos de producción corresponden al promedio de seis localidades de la zona cafetera: Chinchiná y Supía (Caldas), Venecia (Antioquia), Líbano (Tolima), Buenavista (Quindío) y El Cairo (Valle). (Datos de Uribe y Mestre, 1988).



Figura 11.

Número de tallos por planta. **a.** Un solo tallo; **b.** Dos tallos; **c.** Tres tallos.

Sitios perdidos (%)	Arreglo espacial del café						
	1x1			2x1			
	Meses después del zoqueo						
	0	12	24	0	12	24	
10%	304,8	260,3	285,3	269,6	283,1	271,5	
15%	245,4	228,6	229,6	232,3	255,2	259,7	
Diferencia	59,4	31,7	55,7	37,3	27,9	11,8	
Promedio		48,9			25,7		

Tabla 6.

Promedio de disminución de la producción (@.ha⁻¹ de c.p.s.) al aumentar el porcentaje de sitios perdidos de 10% a 15%, por arreglo espacial y por época (Fuente: Moreno, 2010).

plantas descopadas al quinto mes respecto a todos los tratamientos (Figura 13).

Una de las desventajas del descope es que aumenta la competencia intra-específica o al interior de la planta,

donde uno de los dos tallos tiene mejor crecimiento que el otro (Figura 14), o en el campo, una de las ramas, de una de las cruces o pares de hojas inferiores, se desarrolla mejor que la otra (Figura 15), y al cabo de ocho meses de siembra, la rama 1 del tallo 2 ha formado solo tres entrenudos, mientras que la rama 2 del tallo

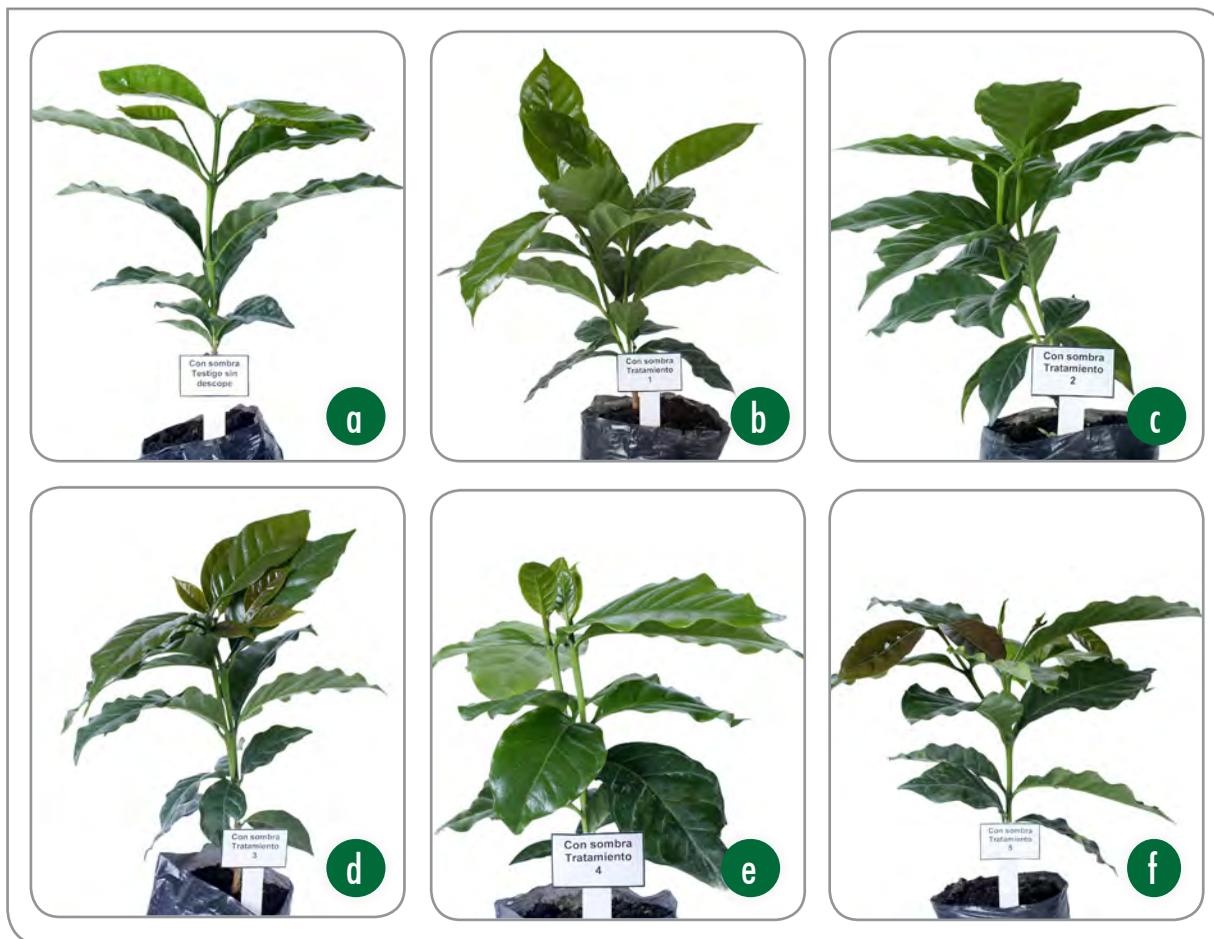


Figura 12.

Almácigo de 6 meses en bolsas de 17 x 23 cm con polisombra. **a.** Sin descope; **b.** Descopadas al primer mes de transplante; **c.** Descopadas al segundo mes de transplante; **d.** Descopadas al tercer mes de transplante; **e.** Descopadas al cuarto mes de transplante; **f.** Descopadas al quinto mes de transplante.

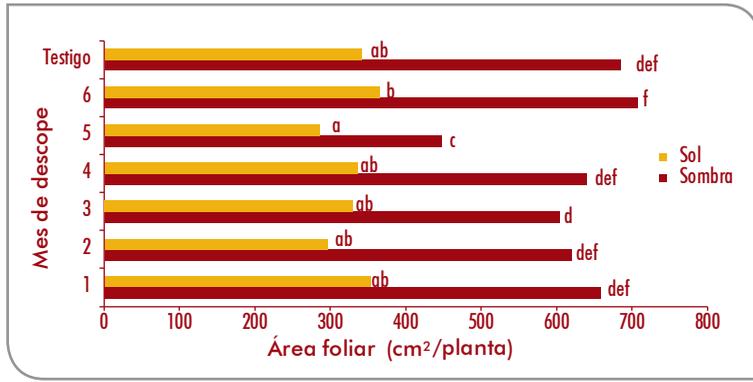


Figura 13.

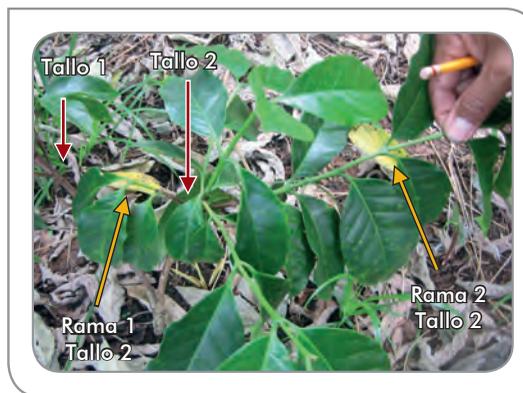
Área foliar en plantas de café en almácigo al sexto mes de transplantadas bajo condiciones de libre exposición y sombra. Letras diferentes indican diferencias.

2 ha formado ocho entrenudos. Lo anterior no sucede en todos los casos, debido a que hay plantas en las cuales los dos tallos se forman adecuadamente (Figura 11b), por lo tanto, la práctica de descope se justifica en siembras que tengan entre 5.000 y 8.000 sitios/ha, lo cual garantiza entre 9.000 y 15.000 tallos/ha.

El número de tallos o chupones depende de la densidad de siembra y el arreglo espacial, tener más de 15.000 tallos/ha no contribuye a aumentar la productividad, por el contrario, genera tanta competencia entre tallos y entre plantas que la reduce. Por ejemplo, como se muestra en la Figura 16, donde en un cafetal de solo 24 meses de

**Figura 14.**

Ejemplo de competencia intra-específica, ocho meses después de la eliminación de la yema terminal en almacigo o descope.

**Figura 15.**

Ejemplo de competencia intra-específica en el campo, en algunas de las plantas de café descopadas.

**Figura 16.**

a. Siembra de café a libre exposición de 24 meses (1,7 x 0,40 m con dos y tres tallos= 27.360 - 41.000 tallos/ha); **b.** Alta competencia intra-específica que no permite un adecuado crecimiento de los tallos.

establecido, con una densidad de tallos superior a los 15.000 tallos/ha, se observa una alta competencia intra-específica y reducción de crecimiento y vigor de los tallos.

Densidad de siembra y uso eficiente de los recursos

Como se mencionó al principio de este capítulo, el objetivo de tener cafetales al sol si las condiciones ambientales y de manejo lo permiten, es el de sacar el mejor provecho de los recursos disponibles, por lo tanto lo vamos a ver desde el uso eficiente de los recursos (Agua y energía).

Uso eficiente de agua. El concepto de uso eficiente del agua (UEA), a nivel de campo en café, hace relación a la cantidad de café pergamino seco que se produce por litro de agua evapotranspirado en un ciclo productivo, el UEA varía de una localidad a otra y de una densidad de siembra a otra. Como se observa en las Figuras 17 y 18, en la medida que aumente la densidad de siembra se incrementa el UEA, lo que significa que se está haciendo uso más eficiente del recurso al aumentar la densidad de

siembra; por ejemplo, en una localidad como Paraguaicito en Buenavista (Quindío), 2.500 plantas/ha tienen un valor de UEA de 0,0020 kg de café pergamino seco por cada litro de agua evapotranspirada, y al aumentar la densidad de siembra a 6.400 plantas/ha se incrementa a 0,0024 kg de c.p.s. por litro de agua.

Ahora bien, sí se presentan diferencias en los valores del UEA entre los dos ambientes, lo cual puede observarse en la Figura 17, donde en la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia) la temperatura media del aire es menor que en la Estación Experimental Paraguaicito, la acumulación térmica es mayor en Paraguaicito, con aumento en la producción de biomasa durante el mismo período o ciclo productivo (Ver capítulo de Factores climáticos que intervienen en la producción de café).

Uso eficiente de energía. El concepto de uso eficiente de la energía (UEE), hace referencia a la cantidad de café producido por cantidad de energía utilizada, en este caso se puede hablar de kilogramos de café pergamino seco por hectárea por hora de brillo solar acumulado.

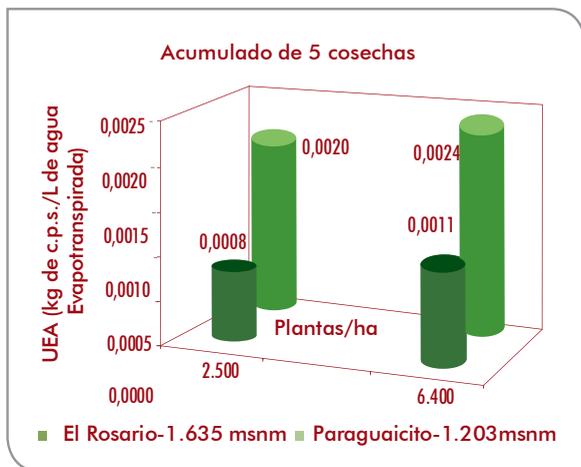


Figura 17.

Uso eficiente del agua (UEA) calculado para dos densidades de siembra de café de porte bajo, en dos localidades contrastantes.

Como el objetivo de los sistemas de producción de café al sol es el de obtener el mayor provecho de los recursos, en la Figura 19 se observa que en la medida que se aumenta la densidad de siembra, se incrementa el uso eficiente de la energía, lo que quiere decir que, para una misma localidad al aumentar la densidad de siembra, se aumenta el UEE. Por ejemplo, en la Estación Experimental El Rosario en Antioquia, con 4.400 plantas/ha, al sexto año tuvo un UEE de 2,0 kg de c.p.s. por hectárea por hora de brillo solar, y al aumentar la densidad a 6.400 plantas/ha, al sexto año, por cada hora de brillo solar se obtuvieron 2,4 kg.ha⁻¹ de c.p.s. (Figura 19). En el caso de Mesitas del Colegio en Cundinamarca, en el quinto año con 5.000 plantas/ha, se obtuvo un UEE de 2,4 kg de c.p.s. por hectárea por hora de brillo solar, y al aumentar la densidad de siembra a 10.000 plantas/ha incrementó su UEE a 2,9 kg de c.p.s. por hectárea por hora de brillo solar.

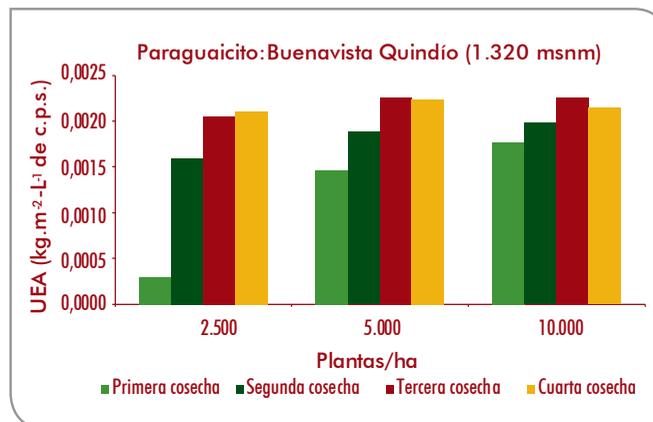


Figura 18.

Uso eficiente del agua (UEA) calculado para una localidad para tres densidades de siembra.

Por otra parte, el UEE a una misma densidad de siembra, varía de una localidad a otra (Figura 20), lo anterior significa que cada zona tiene su potencial productivo, y que es importante conocerlo para sacarle el mejor provecho con la densidad de siembra y todas las demás prácticas de manejo del cultivo.

Consideraciones prácticas
 Los sistemas de producción de café a libre exposición solar tienen como propósito obtener el mejor provecho de la disponibilidad de agua y energía, por lo tanto, no es justificable desde el punto de vista productivo y de usos eficiente de los recursos tener cafetales al sol con bajas densidades de tallos (Tabla 7 y Figura 21).

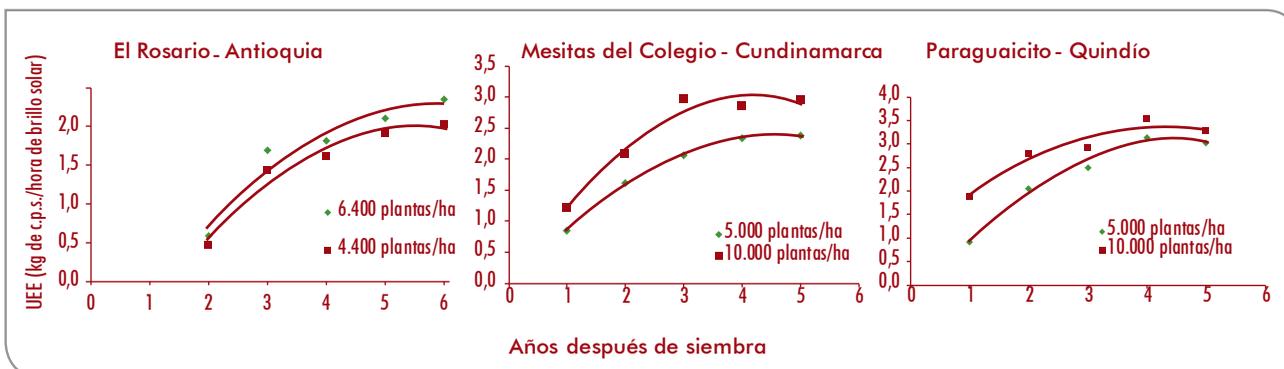


Figura 19.

Relación entre la densidad de siembra, la edad del cultivo y el uso eficiente de la energía (UEE= kg de c.p.s. por hectárea por hora de brillo solar), en tres localidades.

Una baja densidad de tallos implica:	Una alta densidad de tallos implica:
Desde el punto de vista fisiológico	
Índice de área foliar bajo: 1-2 Baja eficiencia de interceptación de luz	Índice de área foliar alto: 8-10 Alta eficiencia en la interceptación de luz
Desde el punto de vista productivo	
Baja productividad	Buena productividad
Desde el punto de vista del uso de los recursos	
Baja eficiencia en el uso de agua Baja en el uso de la energía	Alta eficiencia en el uso de agua Alta eficiencia en el uso de la energía

Tabla 7.

Implicaciones de la densidad de tallos en cafetales al sol (Modificado de Arcila, 2007).

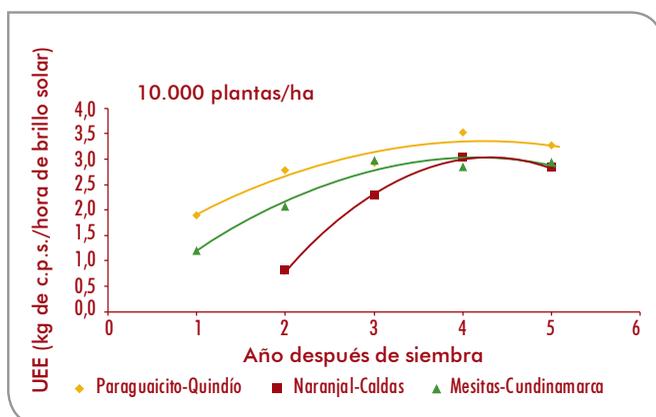


Figura 20.

Uso eficiente de la energía para una misma densidad de siembra, en tres localidades contrastantes de la zona cafetera de Colombia.



Figura 21.

Comparativo de una alta y una baja densidad de siembra en un sistema de producción de café al sol.

Recomendaciones prácticas

- La decisión de establecer cafetales al sol depende de que la zona cafetera no tenga más de dos meses consecutivos secos, que sus suelos tengan una buena capacidad de almacenamiento y sean resistentes a la erosión, de la disponibilidad de energía (En especial la densidad máxima de siembra), de la variedad y de la capacidad de manejo agronómico del cultivo que cada caficultor posea.
- La densidad de siembra máxima para cafetales al sol no es igual para cada región, depende de la disponibilidad hídrica y de la temperatura media del aire, por lo tanto, cada zona tiene una densidad máxima y un arreglo espacial propio.
- Al definir la densidad de siembra máxima se deben establecer los ciclos de renovación. En ambientes de rápido crecimiento y altas densidades de siembra, los ciclos de renovación son menores o más cortos, caso contrario en ambientes de crecimiento lento y bajas densidades, los ciclos de renovación son más amplios.
- En ambientes de bajo crecimiento, asociado a bajas temperaturas, se recomienda compensar con altas densidades de siembra, y en ambientes de rápido crecimiento se pueden manejar densidades menores.
- Los cafetales al sol no excluyen el uso de árboles como surcos vivos, barreras rompevientos y conectores de biodiversidad, entre otras.

Literatura citada

- ARCILA, P.J. Densidad de siembra y productividad de los cafetales: 131-144. En: ARCILA, P.J.; FARFÁN, V.F.; MORENO, B.A.; SALAZAR, G.L.F.; HINCAPIÉ, G.E. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná. Cenciafé. Colombia. 2007.
- CHAVES, C., B; JARAMILLO, R., A. 1998. Regionalización de la temperatura del aire en Colombia. *Cenicafé* 49 (3):224-230
- JARAMILLO, R.A.; RAMÍREZ, B.V.H.; ARCILA, P.J. Distribución de la lluvia: Clave para planificar las labores en el cultivo de café en Colombia. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 411.8p.2011.
- DUQUE, O.H.; ARBOLEDA, V.C.; ARCILA, P.J. Colinos de café descopados: Una opción para obtener altas densidades de siembra a menor costo. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 309.4p.2003.
- GALVIS, G.C.A. El mal rosado del cafeto. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 299.8p.2002.
- MESTRE, M. A.; SALAZAR, S.J.N.. Producción de cafetales establecidos con una y dos plantas por sitio. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 213. 2p. 1995.
- MORENO B., A.M.; RIVERA P., J.H.. Rotación de cultivos intercalados con café, utilizando el manejo integrado de arvenses. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 307.8p.2003.
- MORENO, B.A.M.; HERNÁNDEZ, G.E.; GRISALES, L.F.L. Plátano dominico hartón intercalado con café: más ingresos para los caficultores. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 325.4p.2004.
- MORENO, B.A.M. Evite pérdidas económicas al renovar por zoqueo: Resiembra los sitios perdidos. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 398.8p.2010.
- MORENO, B.A.M. Reduzca los costos en el establecimiento del café: Intercale cultivos transitorios. *Avances Técnicos Cenicafé*. No 398.8p.2010.
- MOSQUERA, S.L.P.; RIAÑO, H.N.M.; ARCILA, P.J.; PONCE, D.C.A. Fotosíntesis, respiración y fotorespiración en hojas de café *Coffea sp*. *Cenicafé*. 50(3):215-221. 1999.
- RAMÍREZ, B.V.H.; DUQUE, N.D. Respuesta del Lulo la selva (*Solanum quitoense* - *Solanum hirtum*) a la aplicación de fermentados anaeróbicos tipo bocashi y fertilizante químico. *Acta Agronómica*. 59(2):155-161. 2010.
- RAMÍREZ, B.V.H.; RENDÓN, J.R. Evaluación de la edad óptima de eliminación de la yema terminal en almácigos de café. *Informe anual de labores Cenicafé*. 7p.2012.
- RIVILLAS, O.C.A.; LEGUIZAMÓN, C.J.E.; GIL, V.L.F.; DUQUE, Q.H. Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia. 2da Edición. *Boletín Técnico Cenicafé* No 19.36p.2005.
- RIVILLAS, O.C.A.; CASTRO, T.A.M. Ojo de gallo o gotera del cafeto *Omphalia Flavia* *Boletín Técnico Cenciafé*. No 37. 24p.2011.
- URIBE, H.A.; MESTRE, M.A. Efecto de la distancia de siembra y del número de plantas por hoyo sobre la producción de café (*Coffea arabica* L. Var. Caturra). *Cenicafé*. 39(1):15-27. 1988a.
- URIBE, H.A.; MESTRE, M.A. Efecto de la densidad de población y de la disposición de los árboles en la producción de café. *Cenicafé*. 39(2):31-42. 1988b.
- SUÁREZ, V.S. Características físicas de los suelos de la zona cafetera colombiana relacionadas con el uso, manejo y conservación. En. *Simposio sobre suelos de la zona cafetera colombiana*. Julio 24 al 28. *Cenicafé*. 17p. 2000.