

Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos

Argemiro Miguel Moreno Berrocal

Cenicafé ha experimentado con sistemas de producción donde el café ha sido el cultivo principal, como una forma de ofrecer opciones tecnológicas a los caficultores para generar ingresos adicionales en su etapa de establecimiento, la cual es improductiva y exigente en gastos como las desyerbas.

Entre los sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos estudiados figuran aquellos con cultivos transitorios como el fríjol arbustivo, fríjol voluble, tomate de mesa y arroz intercalados con café, tanto en siembras nuevas como cultivo de café renovados por zoqueo. Y entre los cultivos semiperennes el plátano dominico hartón y el banano Gross Michel intercalado en siembras nuevas de café. Además, se ha estudiado la rotación de cultivos transitorios como el maíz, el fríjol y el tomate de mesa, intercalados con zocas de café y manejo integrado de arvenses.

El objetivo de este capítulo es conocer los arreglos interespecíficos de diferentes cultivos con el café, con un adecuado uso de los recursos y manejo agronómico independiente a cada cultivo, con el fin de reducir la posible competencia del cultivo intercalado con el café, y de esta forma obtener ingresos adicionales sin afectar la producción de café.



Cómo Citar:

Moreno Berrocal, A. M. (2013). Sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 2, pp. 64–84). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_19

Conceptos fundamentales



Las actividades agrícolas que permiten producir alimentos y materias primas, se consolidan en lo que se denomina un sistema de producción agrícola, el cual es un proceso con el propósito de transformar componentes abióticos (Oferta ambiental) en ingresos económicos, mediante componentes bióticos (Genotipos) ordenados en arreglos espaciales y cronológicos, sometidos a prácticas adecuadas de manejo y administrativas. Por ejemplo, la planta de café (Genotipo) transforma gas carbónico (CO_2), agua, energía solar y minerales, en granos de café, para satisfacer mercados que demandan este producto.

Los sistemas de producción también tienen su estructura, la cual se denomina **arreglo**, y ordena los componentes bióticos (Cultivos) en el tiempo y el espacio, de tal manera que las salidas (Productos) muestren efectividad (Eficacia y eficiencia) en el uso de los recursos.

Arreglos interespecíficos

Se relacionan directamente con los componentes de tipo biótico del sistema de producción, representados en los **componentes específicos**, que son las poblaciones de cultivos que interactúan para formar el sistema, como por ejemplo, café intercalado con maíz o café intercalado con frijol, entre otros. Ciertas características estructurales de las plantas cultivadas como la altura, el volumen de raíces y el área foliar, determinan la población óptima total y **el arreglo espacial y cronológico** del sistema.

En consecuencia, a la hora de elegir los cultivos es conveniente tener en cuenta las interacciones entre sus componentes específicos, para optimizar los recursos invertidos en la producción de las especies vegetales.

Arreglos espaciales (Geometría del sistema)

Estos arreglos son el resultado de la distribución de las poblaciones de los componentes específicos en el terreno, lo que también se denomina la geometría del sistema. El arreglo espacial define los diferentes tipos de sistemas de producción, puesto que las poblaciones pueden distribuirse en arreglos indefinidos o definidos como surcos, franjas o bordes, y las combinaciones de éstos.

Por ejemplo, en el sistema café intercalado con maíz, cada cultivo domina con su población, domina su espacio y su nicho ecológico (Sitio), a manera de una superposición, sin que coincidan los sitios donde se ubican las plantas; a diferencia del sistema frijol voluble asociado con maíz donde las plantas de ambos cultivos comparten el mismo sitio.

Consideraciones prácticas

El arreglo espacial es determinante a la hora de diseñar un sistema de producción, porque debe hacerse de tal manera que las relaciones interespecíficas afecten lo menos posible los productos del sistema. En café se ha concluido que la producción es independiente del arreglo espacial de las plantas en el campo.

Arreglos cronológicos

Se refiere a las fechas relativas de siembra de los componentes específicos, lo cual ofrece la posibilidad de realizar una siembra simultánea, adelantada o subsecuente, con referencia a uno de los cultivos.

El propósito de este tipo de arreglos, como el de los espaciales, es reducir las interacciones tanto intraespecíficas (Entre plantas vecinas de la misma especie) como interespecíficas (Entre plantas vecinas de especies diferentes), con el fin de maximizar la producción del sistema y bajar los costos de producción, al facilitar algunas labores comunes a los componentes específicos tal como el manejo integrado de arvenses (MIA).

Los diferentes tipos de arreglos cronológicos que pueden ocurrir entre dos o más cultivos dependen del momento de la siembra y del grado de traslape entre los ciclos de los cultivos; por lo tanto, es posible producir diferentes niveles de interacción entre los cultivos en el tiempo. Como ejemplo se pueden citar: La siembra simultánea, la siembra con retraso, la siembra en relevo y la rotación de cultivos.

Interacciones entre los componentes específicos

Cuando dos o más cultivos comparten el espacio se presenta una serie de interacciones, las cuales se describen como **alelopatía y competencia**.

La alelopatía, es la influencia directa de un compuesto químico liberado por las plantas de una especie, que inhiben o alteran el crecimiento normal de plantas de otras especies. Es la interacción menos deseada en un sistema de producción con arreglos interespecíficos, porque afecta una de las especies y no es fácil disminuir o evitar su efecto sobre ésta.

La competencia, que de forma general se da en detrimento de la producción de una de las especies, tampoco es deseable en un arreglo interespecífico, y debe controlarse con el manejo independiente de los cultivos, considerando todas las prácticas agronómicas y utilizando distintos arreglos espaciales y cronológicos.

El efecto de competencia por el intercalamiento depende de: La edad del café, el tipo de cultivo, el sistema de siembra, el manejo agronómico y de los arreglos espacial y cronológico. Por lo tanto, con buenas prácticas agronómicas en el cultivo intercalado, el uso de materiales mejorados, las poblaciones acordes, las distancias de siembra del cultivo principal, los sistemas adecuados de siembra y el buen manejo de los suelos, es posible obtener otros productos, aumentando así la eficiencia biológica y económica del sistema, para mantener o aumentar el nivel y calidad de vida de los cultivadores (Melles et al., 1985).

Evaluación de los sistemas de producción agrícola

Al considerar que el propósito de cualquier sistema de producción agrícola es su salida como productos comerciales, éstos en su fase experimental deben evaluarse para recomendar la mejor estructura en función de sus componentes específicos (Cultivos), del espacio (Distancias de siembra) y del tiempo, ante un recurso escaso como puede ser el suelo, la tecnología y el capital de trabajo. Por lo tanto, debe estudiarse el **comportamiento biológico, agronómico, económico y financiero del sistema de producción**.

Evaluación biológica

Se hace con base en la producción de biomasa o de producto comercial, para medir la eficiencia del sistema. Mead y Willey (1980), propusieron el concepto de "Índice Equivalente de Terreno" (IET) o Uso Equivalente de Terreno (UET), para expresar y evaluar:

- La ventaja o desventaja, en términos de producción biológica del sistema de producción, con referencia a cada componente específico en unicultivo (Criterio de máxima producción)
- La eficiencia o ineficiencia de un sistema comparado con otro, con relación al uso del suelo (Criterio de menor área)
- La ventaja o desventaja de una práctica agronómica sobre otra dentro del sistema de producción (Comparación entre prácticas agronómicas)
- La competencia entre los componentes específicos (Cultivos)

El IET se calcula sumando los rendimientos relativos de los cultivos. Se entiende por rendimiento relativo la relación entre la producción del cultivo dentro del sistema y la producción del cultivo fuera del sistema (Unicultivo). El resultado puede ser igual a 1, menor que 1 ó mayor que 1.



El estudio de los sistemas de producción implica el diseño de una estructura, de la cual se conocerá su función utilizando la experimentación. Por ejemplo, al estudiar el sistema café intercalado con maíz se optó por incluir en su estructura el número de ciclos de cultivo de maíz, diferentes poblaciones y varias distancias de siembra de café, para evaluar las interacciones, y de esta forma recomendar la estructura que permita producir maíz de forma rentable sin afectar la producción de café, por ser éste el componente principal del sistema.

Si se tiene que en el sistema de producción de café intercalado con maíz, las producciones de maíz fueron de 4.200 kg.ha⁻¹ dentro del sistema y de 5.000 kg.ha⁻¹ como unicultivo, y las del café 2.750 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco dentro del sistema y de 3.000 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco como unicultivo, el IET se calcula de la siguiente forma:

$$IET = \frac{4.200}{5.000} + \frac{2.750}{3.000} = 0,84 + 0,91 = 1,75$$

Esto significa que al usar este sistema de producción, lo que se produce en una hectárea con el arreglo interespecífico, necesitaría 1,75 ha en unicultivos ó 75% más de área para obtener la misma producción; por lo tanto, en este caso el sistema de producción café intercalado con maíz es más eficiente que los unicultivos, porque produce un 75% más con relación a la producción en unicultivos.

A manera de ilustración puede observarse en la Tabla 1, el IET en diversos arreglos entre fríjol voluble tipo cargamanto y tres cultivares de maíz, con tres fechas relativas de siembra del fríjol respecto de la siembra del maíz, e intercalados en zocas de café. Aunque los cálculos se hicieron sólo con los datos de maíz y de fríjol, el sistema en general muestra gran eficiencia.

Evaluación fisiológica

Se basa en todas las variables que determinan el desarrollo y el crecimiento de los cultivos, tanto para medir sus efectos inmediatos como subsecuentes; por ejemplo, el café puede experimentar elongación de los entrenudos ante la presencia de otro cultivo y afectarse

de esta manera la producción, si no se corrige o mitiga la causa de dicho efecto. Por eso, para el caso de la siembra de café intercalado con maíz no se recomienda establecer dos ciclos seguidos con una población inicial de maíz de 45.000 plantas/ha; la segunda puede hacerse con un máximo de 30.000 plantas/ha.

Evaluación agronómica y de la competencia

Esta evaluación se hace de manera exclusiva con las producciones de cada cultivo, calculando la tasa de competencia en función de los rendimientos relativos y de sus respectivas porciones de espacios, para medir el grado de competencia entre los cultivos, de tal forma que pueda establecerse si un cultivo fue mejor o menor competidor que el otro en un sistema de producción determinado.

La tasa de competencia se calcula al dividir los rendimientos relativos y este resultado se multiplica por las porciones relativas de espacio de cada cultivo. A manera de ejemplo, si en los datos anteriores, el café estuvo sembrado a 1,0 x 1,0 m y el maíz a 1,0 x 0,4 m (2 plantas/sitio), con las producciones ya mostradas, las tasas de competencia se calculan así:

$$Tasa\ competencia\ maíz = \left(\frac{4.200}{5.000} / \frac{2.750}{3.000} \right) \times (1/1)$$

$$Tasa\ competencia\ maíz = (0,84/0,91) \times (1/1) = 0,92$$

$$Tasa\ competencia\ café = \left(\frac{2.750}{3.000} / \frac{4.200}{5.000} \right) \times (1/1)$$

$$Tasa\ competencia\ café = (0,91/0,84) \times (1/1) = 1,08$$

Arreglos interespecíficos y cronológicos	IET
Fríjol con relevo de maíz FNC-3054 intercalado con café (60 DDSM)	2,1
Fríjol con relevo de maíz FNC-3054 intercalado con café (90 DDSM)	2,0
Fríjol con relevo de maíz FNC-3054 intercalado con café (120 DDSM)	1,8
Fríjol con relevo de maíz regional intercalado con café (60 DDSM)	2,3
Fríjol con relevo de maíz regional intercalado con café (90 DDSM)	2,0
Fríjol con relevo de maíz regional intercalado con café (120 DDSM)	2,2
Fríjol con relevo de maíz ICA V-305 intercalado con café (60 DDSM)	2,0
Fríjol con relevo de maíz ICA V-305 intercalado con café (90 DDSM)	1,6
Fríjol con relevo de maíz ICA V-305 intercalado con café (120 DDSM)	1,7

Tabla 1.

Índices equivalentes de terreno (IET) de fríjol en relevo con tres cultivares de maíz y tres fechas relativas de siembra, con respecto de la fecha de siembra del maíz (DDSM), intercalados en zocas de café (Granada et al., 2007).

Aunque la diferencia no es grande, con los datos anteriores se observa que el café es más competitivo que el maíz y, por esta razón, se observa un IET bastante alto, como indicación de la alta eficiencia del sistema, con valores de la tasa de competencia alrededor de uno. Al ser el café más competitivo que el maíz, se corrobora que el maíz no afecta la producción de café en la primera cosecha, intercalando el maíz en arreglo espacial regular.

Evaluación económica

Se hace en función de los costos variables de cada cultivo y puede expresarse como el margen bruto de cada cultivo. Al considerar, que el propósito de intercalar cultivos transitorios en los lotes de café es aprovechar el espacio de las calles del cafetal, antes de las dos primeras cosechas sin que se afecte su producción, el ingreso adicional que producirá el cultivo intercalado después de cumplir la condición de ninguna o mínima competencia, dependerá del manejo que se le haga a dicho cultivo.

Evaluación financiera

La evaluación se hace cuando desea compararse un sistema de producción con cualquier otro negocio, y en tal caso, se calculan indicadores económicos como la relación beneficio/costo y la tasa interna de retorno, entre otros; tal como se hace al evaluar cualquier proyecto de inversión.

Opciones tecnológicas para el establecimiento de los sistemas de producción complementarios al café

La etapa de establecimiento del cultivo de café, es improductiva y exigente en gastos para el caficultor, por ejemplo, los que se generan en las desyerbas. Por tal razón, durante dos décadas, Cenicafe ha experimentado con sistemas de producción complementarios al café, donde éste ha sido el cultivo principal, como una forma de ofrecer opciones tecnológicas a los caficultores para generar ingresos adicionales durante la etapa de establecimiento.

Entre los sistemas de producción de café en arreglos interespecíficos estudiados figuran:

- **Sistemas de producción con cultivos transitorios como maíz, frijol arbustivo, frijol voluble, tomate**

de mesa y arroz intercalados con café, tanto en siembras nuevas como con zocas.

- **Estudio de la rotación de cultivos transitorios como el maíz, el frijol y el tomate de mesa, intercalados con zocas de café y manejo integrado de arvenses.**
- **Sistemas con cultivos semiperennes, como el plátano dominico hartón y el banano Gross Michel intercalado en siembras nuevas de café.**

Sistemas de producción con cultivos transitorios

Sistema de producción maíz intercalado con café



En varios países donde se cultiva el café existe preocupación por los ingresos de los caficultores y los resultados de investigación demuestran que la rentabilidad del café aumenta cuando se intercalan cultivos. Chengapa y Rebello (1977), afirman que aunque existe poca diferencia entre los costos de cultivos de café intercalados y no intercalados, los rendimientos netos más altos se obtuvieron con cultivos intercalados. Bheemaiah y Shariff (1989), afirman que los sistemas de producción de café intercalado con pimienta, naranja, plátano y otras frutas, producen altas ganancias.

Algunos resultados de investigaciones de cultivos intercalados con café han mostrado que éstos reducen la producción de café, a causa de la competencia por agua, luz y nutrimentos. Pero esa reducción puede variar o compensarse con la producción del otro cultivo.

El efecto de competencia por el intercalamiento depende de: La edad del café, tipo de cultivo, sistema de siembra, manejo agronómico y de los arreglos espacial y cronológico. Por lo tanto, con buenas prácticas agronómicas en el cultivo intercalado, el uso de materiales mejorados, las poblaciones acordes, las distancias de siembra del cultivo principal, los

sistemas adecuados de siembra y el buen manejo de los suelos, es posible obtener otros productos, aumentando así la eficiencia biológica y económica del sistema, para mantener o aumentar el nivel y calidad de vida de los cultivadores (Melles *et al.*, 1985).

Al considerar la necesidad de buscar opciones para diversificar el ingreso y la producción en la zona cafetera, se decidió hacer investigación del sistema de producción maíz intercalado con café, para ofrecer a los caficultores colombianos, las opciones tecnológicas que le permitieran intercalar maíz, tanto en los lotes con siembras nuevas de café como en los renovados por medio del zoqueo, y de esta forma mejorar los ingresos, diversificar la producción y generar empleo rural.

Localidades. Los experimentos se establecieron en once localidades, con características de suelo y clima contrastantes; siete en lotes con siembras nuevas de café y

cuatro en lotes de café renovados por zoqueo (Tabla 2). Se empleó café variedad Colombia, tanto en siembras nuevas como en zocas; por tener buena arquitectura de planta, buen comportamiento agronómico y ser resistente a la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*). De maíz (*Zea mays* L.), según la localidad se usaron las variedades ICA V 305 e ICA V 354, estos materiales fueron obtenidos para las condiciones de la zona cafetera colombiana (Tabla 3).

Siembra. Tanto en los lotes con siembras de café nuevas como en los renovados por zoca, el primer ciclo de maíz se hizo de forma simultánea o en los dos primeros meses, y el segundo en la época adecuada de siembra, pero ambos antes de la primera cosecha de café.

Los cultivos se manejaron de manera independiente, conforme a las labores propias de cada cultivo, incluida la fertilización según el análisis de suelo.

Departamento	Municipio	Localidad	Estado del café
Caldas	Chinchiná	Estación Central Naranjal	Siembra nueva
Cauca	El Tambo	Concentración Escolar San Joaquín	Siembra nueva
Cundinamarca	Sasaima	Estación Experimental Santa Bárbara	Zoca
Huila	Gigante	Estación Experimental Gigante	Siembra nueva
Quindío	Buenavista	Estación Experimental Paraguaicito	Siembra nueva
Quindío	Montenegro	Estación Experimental Maracay	Zoca
Nariño	La Unión	Finca El Pará	Siembra nueva
Santander	Floridablanca	Estación Experimental Santander	Siembra nueva
Tolima	Líbano	Estación Experimental Líbano	Zoca
Valle del Cauca	El Cairo	Estación Experimental Albán	Siembra nueva
Valle del Cauca	Sevilla	Estación Experimental La Sirena	Zoca

Tabla 2.

Localidades donde se evaluó el sistema de producción maíz intercalado con café.

Características agronómicas	ICA V-305 (Grano amarillo) (Swan x La Posta)	ICA V-354 (Grano blanco) (Across 8422)
Altura de planta (m)	2,34	2,18
Altura de la mazorca (m)	1,26	1,25
Días a floración femenina	72	70
Longitud de la mazorca (cm)	19	18
Diámetro de la mazorca (cm)	4,8	5,3
Número de hileras	14 - 16	14 - 16
Granos por hilera	42	40
Porcentaje de desgrane	85	84
Población comercial	40.000 - 50.000 plantas/ha	40.000 - 50.000 plantas/ha

Tabla 3.

Características agronómicas del maíz de las variedades ICA V-305 e ICA V - 354.

Al momento de la siembra u ocho días después de la emergencia (Estado V0) se fertilizó el maíz, aplicando 10 g/sitio de la mezcla 4:1 de difosfato diamónico (DAP) y cloruro de potasio (KCl), después de un mes (Estado V6) se aplicaron 8 g/sitio de la mezcla 3:1 de urea y KCl y en el estado V10 se aplicaron 6 g/sitio de urea. El estado vegetativo en maíz se determina por el número de hojas verdaderas que tiene la planta en ese momento, V6 indica que tiene seis hojas totalmente formadas, es decir, con collarín abierto (Figura 1).

En los experimentos establecidos en cafetales con siembra nueva de café, hubo efecto del número de ciclos de producción de maíz sobre la producción de café, independiente de la distancia de siembra de éste, de tal manera que con 45.000 plantas/ha de maíz sólo se puede intercalar un ciclo de producción, y uno adicional, con un máximo de 30.000 plantas/ha de maíz. Los dos ciclos de maíz deben establecerse hasta la primera cosecha del café. Tanto las producciones de café como las de maíz estuvieron dentro de los valores esperados (Tablas 4 y 5).

Con relación al maíz, no se observó efecto del café sobre la producción ni el número de mazorcas por planta (Prolificidad), lo cual es una ventaja del sistema, al tener en cuenta que la producción de maíz es la fuente de ingreso adicional. Se observó una variación inversa entre la prolificidad y el número de plantas por sitio, con los valores más altos con una y dos plantas por sitio, lo cual puede ser interesante cuando el caficultor siembre maíz para vender las mazorcas y no grano seco. En las Tablas 6

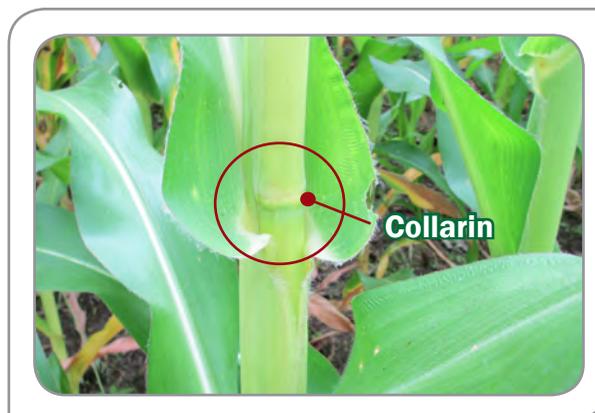


Figura 1.

Hoja de maíz totalmente formada donde se muestra el collarín, clave para conocer el estado vegetativo de la planta o del cultivo.

y 7 se muestran los datos de producción y prolificidad de maíz, tanto en las Estaciones Experimentales como en la finca de un caficultor.

Maíz intercalado en café zoqueado

En las localidades donde se estableció este experimento: Estaciones Experimentales de Libano (Tolima) y Santa Bárbara (Cundinamarca), los dos ciclos seguidos de

Arreglo espacial del café (m)	Población de maíz (plantas/ha)	Cosecha 1		Cosecha 2		Media	
		Ciclo uno	Ciclo dos	Ciclo uno	Ciclo dos	Ciclo uno	Ciclo dos
1,00 x 1,00	0	7.828	8.289	7.983	8.332	7.905	8.310
	15.000	10.431	10.989	7.552	7.717	8.992	9.353
	30.000	9.806	9.244	7.858	7.611	8.832	8.427
	45.000	9.993	8.448	7.932	8.389	8.963	8.418
1,15 x 1,15	0	8.361	7.156	7.346	6.905	7.854	7.030
	15.000	10.989	8.230	7.010	6.498	9.000	7.364
	30.000	8.798	8.045	6.792	8.084	7.795	8.064
	45.000	9.283	6.028	7.034	7.338	8.158	7.933
1,42 x 1,42	0	6.183	5.633	6.047	5.785	6.115	5.709
	15.000	5.554	5.508	6.457	4.859	6.006	5.184
	30.000	5.960	5.225	5.927	5.409	5.943	5.317
	45.000	6.230	5.491	5.965	6.112	6.097	5.802
Media general		8.225	8.285	7.357	6.992	6.920	7.638
Coeficiente de variación (%)		23,5		14,3		13,1	

Tabla 4.

Producción de café (kg.ha⁻¹ de c.p.s) en siembra nueva intercalada con dos ciclos de maíz en la etapa de establecimiento. Finca El Pará (La Unión, Nariño).

Arreglo espacial del café (m)	Densidad del maíz (Plantas/ha)	Producción de maíz al 15% de humedad		Prolificidad	
		Ciclos de maíz			
		Uno	Dos	Uno	Dos
0	15.000	2.317	2.950	1,64	1,55
	30.000	3.621	3.500	1,43	1,14
	45.000	3.936	4.183	1,14	1,06
	55.000	5.050	4.583	1,08	1,03
1,00 x 1,00	15.000	2.933	1.800	1,62	1,55
	30.000	3.803	2.740	1,42	1,39
	45.000	4.358	3.617	1,15	1,31
1,15 x 1,15	15.000	2.378	2.570	1,68	1,64
	30.000	3.578	2.848	1,33	1,46
	45.000	4.530	4.611	1,18	1,10
1,42 x 1,42	15.000	2.754	1.690	1,80	1,68
	30.000	3.718	2.918	1,35	1,29
	45.000	4.834	3.880	1,21	1,01
Media general		3.678	3.222	1,37	1,32
Coeficiente de variación (%)		26,3	31,0	18,7	17,4

Tabla 5.

Producción (kg. ha⁻¹) y prolificidad de maíz intercalado con una siembra nueva de café en la etapa de establecimiento. Finca El Pará, La Unión, Departamento de Nariño.

Arreglo espacial del café (m)	Densidad del maíz (Plantas/ha)	Producción de café					
		Naranjal		Albán		Gigante	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1,00 x 1,00	0	5.300	5.963	5.350	4.150	5.038	4.463
	15.000	5.188	5.013	4.463	3.925	4.600	3.775
	30.000	5.263	4.825	4.350	3.763	3.238	3.075
	45.000	5.475	3.925	4.888	3.350	4.300	2.875
1,15 x 1,15	0	5.050	4.338	3.638	3.338	5.125	4.463
	15.000	3.775	5.363	3.275	2.763	4.500	3.813
	30.000	4.413	3.475	3.450	3.375	3.625	2.875
	45.000	4.763	3.838	3.425	2.500	2.975	2.250
1,42 x 1,42	0	3.463	3.125	2.450	2.550	3.200	2.375
	15.000	3.463	2.988	2.300	2.163	2.913	1.988
	30.000	3.500	2.750	2.638	2.413	2.738	1.800
	45.000	2.588	2.388	2.225	2.200	2.613	1.788
Media general		4.353	3.999	3.538	3.041	3.739	2.961
Coeficiente de variación (%)		15,4		18,8		24,4	

Tabla 6.

Producción de café pergamino seco (kg. ha⁻¹) en tres arreglos espaciales de siembra nueva intercalada con dos ciclos de maíz. Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), Estaciones Experimentales Albán (El Cairo, Valle) y Gigante (Gigante, Huila).

Arreglo espacial del café (m)	Densidad del maíz (Plantas/ha)	Producción de maíz (kg.ha ⁻¹) al 15% de humedad					
		Naranjal		Albán		Gigante	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1,0 x 1,0	15.000	1.166	1.436	2.022	2.079	3.237	3.711
	30.000	3.919	3.485	3.260	4.370	6.136	5.724
	45.000	5.565	4.825	6.362	6.040	6.561	6.120
1,15 x 1,15	15.000	2.799	2.390	1.984	2.258	3.541	3.609
	30.000	4.316	3.302	3.714	4.561	5.510	5.347
	45.000	5.412	4.544	6.077	6.474	6.723	5.685
1,42 x 1,42	15.000	2.968	2.417	1.343	2.688	3.578	3.531
	30.000	4.484	3.418	3.423	4.039	5.271	4.550
	45.000	5.770	4.018	5.856	6.156	6.556	4.850
Maíz (o)	15.000	3.654	3.181	1.405	2.745	4.188	3.939
	30.000	5.387	4.480	3.339	4.591	5.753	4.670
	45.000	6.238	4.787	5.992	6.390	6.305	5.536
	55.000	6.556	5.219	5.961	5.062	5.765	5.245
Media general		4.479	3.659	3.903	4.419	5.317	4.809
Coeficiente de variación (%)		13,9	16,5	17,3	21,5	15,2	21,6

Tabla 7.

Producción de dos ciclos de maíz (kg.ha⁻¹) intercalados en tres arreglos espaciales de siembra nueva de café. Estación Central Naranjal (Chinchiná, Caldas), Estaciones Experimentales Albán (El Cairo, Valle) y Gigante (Gigante, Huila).

maíz no afectaron la producción de café y viceversa. En consecuencia, a diferencia de la respuesta observada en siembras nuevas de café, pueden intercalarse hasta dos ciclos seguidos con 45.000 plantas/ha de maíz en lotes zoqueados, sin que se afecte la producción de café. Las Tablas 8 y 9 muestran los datos del promedio de la producción de café, y las Tablas 10 y 11, los datos de producción y prolificidad (Mazorcas por planta) de maíz.

Una ventaja adicional que tiene este sistema de producción es que se puede sembrar el maíz con todos los residuos que quedan cuando se zoquea la planta de café, y toda esa biomasa, aparte de retardar la aparición de las arvenses, se recicla y contribuye al mejoramiento de la fertilidad del suelo.

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas de maíz por hectárea	Ciclos de producción de maíz	
		Uno	Dos
1,0 x 1,0	0	8.491	7.688
	15.000	8.054	9.248
	30.000	7.908	8.504
	45.000	9.175	10.275
2,0 x 1,0	0	5.970	6.473
	15.000	5.758	6.270
	30.000	6.738	6.533
	45.000	6.360	6.960
Media general		7.307	7.744
Coeficiente de variación (%)		18,3	

Tabla 8.

Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹) zoqueado e intercalado con dos ciclos de maíz, en la etapa de establecimiento. Estación Experimental Libano (Tolima).

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas de maíz por hectárea	Prolificidad		Índice de desgrane		Producción	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1,0 x 1,0	15.000	1,80	1,53	74	76	4.747	5.903
	30.000	1,50	1,11	71	74	6.631	8.278
	45.000	1,30	1,16	72	73	8.141	9.754
2,0 x 1,0	15.000	1,80	1,34	74	73	4.399	3.906
	30.000	1,30	1,29	77	73	6.585	3.701
	45.000	1,20	1,13	76	73	7.600	4.873
Maíz (o)	15.000	1,40	1,34	72	74	3.832	2.395
	30.000	1,10	1,01	71	73	4.571	2.650
	45.000	1,10	0,98	71	72	5.421	3.484
Media general		1,4	1,2	73	74	5.770	4.923
Coeficiente de variación (%)		12,3	10,8	6,7	4,1	20,4	22,3

Tabla 9.

Producción (kg.ha⁻¹), prolificidad e índice de desgrane de maíz intercalado con zocas de café. Estación Experimental Líbano (Tolima).

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas de maíz por hectárea	Producción de café pergamino seco (kg.ha ⁻¹)							
		1996		1997		1998		Total	
		Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 1	Ciclo 2
1,0 x 1,0	Café (o)	3.883	4.326	6.088	6.185	4.071	4.570	14.040	15.081
	15.000	4.271	3.948	6.106	5.599	4.523	3.885	14.900	13.433
	30.000	3.639	3.868	6.271	6.686	5.026	5.371	14.936	15.926
	45.000	3.906	3.555	6.600	5.663	4.669	4.448	15.175	13.665
2,0 x 1,0	Café (o)	2.325	2.089	3.620	3.829	2.228	2.383	8.171	8.300
	15.000	2.183	1.780	3.298	3.161	1.903	2.600	7.384	7.541
	30.000	1.820	1.809	3.653	3.510	2.261	1.946	7.734	7.266
	45.000	1.978	1.829	2.739	3.024	1.911	3.526	6.628	8.379
Media general		3.000	2.900	4.797	4.707	3.324	3.591	11.121	11.199
Coeficiente de variación (%)		25,3		19,4		19,1		13,8	

Tabla 10.

Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹) zoqueado intercalado con dos ciclos de maíz. Estación Experimental Santa Bárbara, Sasaima, Cundinamarca.

Arreglo espacial del café (m)	Poblaciones de maíz (Plantas/ha)	Producción de maíz (15% humedad)		Prolificidad	
		Ciclo uno	Ciclo dos	Ciclo uno	Ciclo dos
Maíz (o)	15.000	2.263	2.161	1,36	1,39
	30.000	4.306	4.031	1,13	1,06
	45.000	5.822	5.139	1,01	1,00
	55.000	6.485	6.242	1,00	1,00
1,0 x 1,0	15.000	2.472	2.073	1,48	1,45
	30.000	5.216	4.031	1,16	1,14
	45.000	7.474	5.539	1,08	1,01
2,0 x 1,0	15.000	2.234	1.991	1,51	1,35
	30.000	4.207	3.368	1,22	1,00
	45.000	6.682	6.302	1,13	1,00
Media general		4.747	4.161	1,21	1,11
Coeficiente de variación (%)		18,5	18,5	13,00	13,00

Tabla 11.

Producción (kg.ha⁻¹) y prolificidad de maíz intercalado con zocas de café. Estación Experimental Santa Bárbara (Sasaima, Cundinamarca).

Consideraciones prácticas

Intercalar maíz en lotes con zocas o siembras nuevas de café, implica administrar el sistema de producción de forma independiente, conforme a las prácticas agronómicas de cada cultivo, para reducir al mínimo la competencia intraespecífica.

El arreglo interespecífico maíz intercalado con café, es una opción económica para que el caficultor pueda aliviar su flujo de caja antes de la primera cosecha de café, bajar costos de producción del café, diversificar la producción y obtener ingresos adicionales a los que obtiene con el café.

Actualmente, se cuenta con los híbridos comerciales como FNC 318 (Endospermo amarillo), FNC 3056 (Endospermo blanco) y FNC3059 (Endospermo amarillo), con promedios de producción superiores a 7 t.ha⁻¹, tolerantes a las enfermedades más comunes en la zona cafetera colombiana, como cercóspora y mancha de asfalto. Estos materiales son producto del convenio entre la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, el Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) y la Federación Nacional de Cerealistas y Leguminosas (Fenalce).

Sistema de producción frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) intercalado con café



El frijol es la principal leguminosa que se produce en América Latina y es considerado como uno de los productos básicos de la economía campesina de pequeños y medianos productores, ubicados especialmente en la zona andina de Colombia. Cerca del 90% de la producción se obtiene de las zonas altas de Antioquia, Nariño, Cundinamarca y Santander, utilizando la asociación maíz - frijol voluble, y en menor escala con frijol arbustivo. Este cultivo también se produce en la zona cafetera intercalado con café, tanto en siembras nuevas como en lotes renovados por zoca.

El frijol se adapta bien a las condiciones de clima y de suelos existentes en la zona cafetera; donde se produce el 30% y se consume el 80% del total nacional. Además de aprovechar el terreno y de fijar nitrógeno de la atmósfera, el frijol tiene un gran poder para movilizar el fósforo, permite reducir los costos en la compra de abonos químicos, proporcionando ingresos y alimento para el agricultor (Lobo, 1991).

Las labores requeridas en la producción del frijol permiten mantener bajas coberturas de arvenses en los lotes de café, lo que indirectamente reduce los costos de producción. Además, al establecerse una cobertura sobre el terreno se protege el suelo y se mantiene la humedad por más tiempo en épocas de sequía.

La renovación de cafetales sembrados a libre exposición, mediante el zoqueo o por siembra nueva, permite intercalar cultivos durante la etapa de crecimiento del café (Gómez y Gómez, 1988); el frijol es una de las opciones, porque hace parte de la cultura y la seguridad alimentaria de la zona cafetera.

El fomento del cultivo del frijol en la zona cafetera estuvo algo restringido por la falta de investigación en los sistemas de producción comunes en la zona, pero hoy día hay mayor oferta de opciones tecnológicas y de materiales mejorados evaluados mediante ensayos regionales en diferentes localidades de la zona cafetera en los últimos años, los cuales al conseguir materiales con buena adaptación, han dado posibilidades agronómicas y económicas para ser intercaladas con café, porque son de ciclo corto (90 días), de crecimiento arbustivo determinado y aceptación comercial (Posada y Kornegay, 1995).

La disponibilidad de esas variedades de frijol adaptadas a la zona cafetera, permitió realizar experimentos para evaluar el sistema de producción de frijol intercalado con café, con el propósito de conocer la mejor combinación entre poblaciones de café y de frijol, que diera el mayor ingreso neto antes de la primera cosecha de café, sin afectar las producciones del café. Los experimentos

se desarrollaron en las Estaciones Experimentales de Cenicafé y en algunas fincas de caficultores, tratando de cubrir gran parte de la geografía cafetera.

Los experimentos se hicieron con siembras nuevas de líneas de café Caturra x Híbrido de Timor, con diferentes distancias de siembra del café y distintas poblaciones de fríjol, con uno y dos ciclos seguidos de fríjol para el caso de siembras nuevas de café, y de dos y tres ciclos seguidos de fríjol cuando las siembras se hicieron en lotes renovados por zoca.

El fríjol se sembró con labranza mínima, en los primeros 60 días después de la siembra del café. Tanto el café como el fríjol se manejaron de forma independiente, conforme a las prácticas agronómicas propias de cada cultivo. La fertilización del fríjol consistió en incorporar en el momento de la siembra 250 kg.ha⁻¹ de difosfato diamónico (DAP), y como prácticas agronómicas se hicieron: el manejo integrado de arvenses y los oportunos controles fitosanitarios al fríjol, para mantenerlo en buen estado hasta la cosecha.

A continuación se presentan los resultados de los experimentos realizados con fríjol arbustivo intercalado con siembras nuevas de café y fríjol arbustivo intercalado en lotes de café renovados mediante zoqueo.

Sistema de producción fríjol arbustivo intercalado con siembras nuevas de café



Los datos de las dos primeras cosechas de café, mostraron que la siembra de dos ciclos seguidos de fríjol arbustivo hasta con 160.000 plantas/ha, no afecta la producción del café, y se obtienen producciones de fríjol seco (15% de humedad) entre 587 y 1.113 kg.ha⁻¹ y una producción media de 850 kg.ha⁻¹, en la Estación Central Naranjal y las Estaciones La Catalina (Risaralda) y Gigante (Huila) (Tablas 12 y 13); resultados similares fueron encontrados por Araya *et al.* (1989). De igual manera, Centeno *et al.* (1994), al evaluar el efecto de intercalar

Distancias de siembra del café (m)	Poblaciones de fríjol (plantas/ha)	Producción de café pergamino seco					
		Naranjal (Caldas)		La Catalina (Risaralda)		Albán (Valle)	
		Ciclos de producción de fríjol					
		Uno	Dos	Uno	Dos	Uno	Dos
1,00 x 1,00	80.000	6.938	6.338	3.625	4.725	6.488	6.275
	120.000	6.975	6.975	4.350	5.313	7.375	6.688
	160.000	6.125	6.538	4.225	5.513	7.650	7.238
	Café solo	6.475	6.750	4.850	5.788	7.513	7.138
1,15 x 1,15	80.000	5.675	6.638	3.675	4.738	5.513	5.188
	120.000	6.488	6.138	3.725	3.938	6.113	5.275
	160.000	6.600	6.788	3.075	4.438	5.363	4.900
	Café solo	6.200	5.788	3.913	4.550	5.663	5.538
1,50 x 1,50	80.000	3.175	3.875	2.250	2.500	3.188	2.763
	120.000	3.150	3.375	2.688	2.850	4.013	3.325
	160.000	2.775	3.363	1.825	2.863	3.638	2.813
	Café solo	3.700	3.950	2.725	2.313	3.613	2.938
Media general		5.363	5.538	3.413	4.125	5.513	5.013
Coeficiente de variación (%)		14,7		15,9		16,3	

Tabla 12.

Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹) intercalado con fríjol, en tres localidades, tres arreglos espaciales del café y tres densidades de fríjol, en uno y dos ciclos de fríjol seguidos (Moreno *et al.*, 1995a).

Distancias de siembra del café (m)	Poblaciones de fríjol (plantas/ha)	Producción de fríjol al 15% de humedad					
		Naranjal (Caldas)		La Catalina (Risaralda)		Albán (Valle)	
		Ciclos de producción de fríjol					
		Uno	Dos	Uno	Dos	Uno	Dos
1,00 x 1,00	80.000	527	486	706	577	657	515
	120.000	549	496	862	634	737	668
	160.000	572	534	905	737	941	797
1,15 x 1,15	80.000	560	513	903	711	708	490
	120.000	638	578	918	791	911	692
	160.000	654	587	1.067	818	1.063	742
1,50 x 1,50	80.000	647	573	862	693	785	658
	120.000	654	597	941	714	813	630
	160.000	780	712	952	890	1.113	800
Fríjol solo	80.000	700	630	1.023	785	656	643
	120.000	824	723	1.037	792	778	722
	160.000	833	759	1.239	1.000	949	839
Media general		662	599	951	762	843	683
Coeficiente de variación (%)		20,4		21,0		15,1	

Tabla 13.

Producción ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) de fríjol arbustivo intercalado con café, en tres localidades, tres arreglos espaciales del café y tres densidades de fríjol, en uno y dos ciclos (siembras) seguidos de fríjol (Moreno et al., 1995a).

fríjol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en el crecimiento y el desarrollo del café, no encontraron efectos en cuanto al crecimiento del café.

Es importante considerar que las distancias de siembra del café de 1,0 x 1,0 m, afectaron la producción de fríjol frente a distancias de siembra más amplias; por lo tanto, sembrar café a distancias amplias y con dos plantas por sitio, aparte de ahorrar costos de establecimiento, también da la posibilidad de producir más fríjol por unidad de área.

Si se considera que antes de la primera cosecha de café, el agricultor no recibe ingresos, intercalar fríjol, con el manejo ya descrito, es una opción para su mantenimiento, además de los beneficios adicionales por el manejo agronómico en fertilización y desyerbas del fríjol.

Los resultados descritos muestran la factibilidad de intercalar dos ciclos (Siembras) seguidos de fríjol arbustivo con 160.000 plantas/ha, en poblaciones de café hasta de 10.000 plantas/ha, sin que se reduzca la producción de café por efectos de competencia del fríjol. El número de surcos de fríjol entre las calles del

café depende de la distancia entre surcos de café, sin embargo, los surcos de fríjol no deben quedar a menos de 25 cm del surco de café y a máximo 50 cm entre los surcos de fríjol. Dentro de cada surco de fríjol se deben garantizar de 8 a 10 plantas por metro lineal, sembradas al chorrillo o a chuzo.

Al tomar como base los resultados descritos y siguiendo las recomendaciones técnicas para establecer el cultivo de fríjol y el manejo independiente de cada cultivo, pueden obtenerse 1,5 t de fríjol seco, en los dos ciclos de producción. Aparte de lo anterior, se generan 70 jornales por hectárea, en cada ciclo de cultivo.

Sistema de producción fríjol arbustivo intercalado en lotes de café renovados mediante zoqueo

Los lotes de café renovados mediante zoqueo también tienen gastos, tanto en las labores del zoqueo como en el establecimiento de la zoca, por lo cual también se pensó en la posibilidad de producir ingresos adicionales para aliviar el flujo de caja, mediante el intercalamiento de fríjol en las calles de las zocas.

En este caso, lo único que se retira del lote son los tallos de café, mientras que las ramas y las ramillas deben quedar en el lote debidamente picadas y repicadas, y después de dos a cuatro semanas puede sembrarse el frijol con labranza mínima, por sitios o al chorrillo, para lo cual la cobertura del lote no ofrece dificultad alguna. El manejo agronómico se hace de la misma forma como se explicó en las siembras nuevas de café.

Los resultados de la investigación en este caso muestran que a diferencia de lo que ocurre con las siembras nuevas de café, en los lotes zoqueados se pueden intercalar hasta tres ciclos consecutivos de frijol arbustivo, con una población de 160.000 plantas/ha, tanto en café a 1,0 x 1,0 m con un tallo/sitio, como en café a 2,0 x 1,0 m, con dos tallos/sitio. Los rendimientos, tanto de café como de frijol se presentan en las Tablas 14 y 15.

Para la zona cafetera Colombiana se ha reportado un gran potencial de los frijoles arbustivos tales como: Cafetero, Cauca yá, Citará y Quimbaya, con rendimientos promedio de 1.687, 1.758, 1.441 y 1.392 kg.ha⁻¹, respectivamente, son resistentes a roya (*Uromyces appendiculatus*), bacteriosis (*Xanthomonas* spp.) y antracnosis (*Colletotrichum lindemuthianum*) y susceptibles a mustia hilachosa (*Thanatephorus cucumeris* (Frank) Donk) y la mancha angular (*Phaseoisaropsis griseola*). Estas variedades de frijol tienen un período vegetativo alrededor de los 90 días (Posada y Kornegay, 1995).

La experiencia con los anteriores materiales en cuanto a la presencia de enfermedades, sólo se tuvo con la cenicilla (*Erysiphe polygoni* D. C.), la cual se maneja fácilmente usando productos a base de azufre, sobre todo en las épocas de frecuentes precipitaciones.

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas/ha de frijol	Ciclos frijol y producción al 15% de humedad		
		Uno	Dos	Tres
1,0 x1,0 m (Un tallo/sitio)	80.000	1.103	1.804	700
	120.000	1.386	1.989	769
	160.000	1.527	2.119	887
2,0 x1,0 m (Dos tallos/sitio)	80.000	1.110	1.632	856
	120.000	1.253	1.706	926
	160.000	1.390	1.812	937
Media general		1.246	1.881	964
Coeficiente de variación (%)		10,2	19,4	11,2

Tabla 14.

Producción (kg.ha⁻¹) de frijol arbustivo intercalado con café zoqueado, en dos arreglos espaciales, tres densidades de frijol, en uno, dos y tres ciclos de frijol seguidos. Estación Experimental Líbano, Tolima.

Arreglo espacial de la zoca (m)	Plantas/ha de frijol	Ciclos de frijol y producción de café pergamino seco	
		Dos	Tres
1,0 x1,0 m (un tallo/sitio)	80.000	8.740	8.080
	120.000	8.355	8.271
	160.000	8.101	8.043
	Café (o)	9.625	8.488
2,0 x1,0 m (Dos tallos/sitio)	80.000	6.086	6.015
	120.000	5.236	6.293
	160.000	5.630	6.898
	Café (o)	6.093	6.898
Media general		7.234	7.373
Coeficiente de variación (%)		13,4	

Tabla 15.

Producción (kg.ha⁻¹) de café pergamino seco intercalado con frijol arbustivo, en dos arreglos espaciales del café y tres densidades de frijol, en dos y tres ciclos de frijol seguidos. Estación Experimental Líbano, Tolima.

Sistema de producción frijol voluble intercalado en lotes de café renovados por zoqueo



En los últimos años, en las zonas marginales altas de la zona cafetera, se ha observado la siembra de frijol voluble tipo cargamanto intercalado con café, por ejemplo, en los municipios de Guática y Belén de Umbría (Risaralda), dentro del Ecotopo 106B.

En los lotes visitados, se encontró que el tutor usado para las plantas de frijol, es el de espalderas construidas con hilo de polipropileno y tutores vegetales como la llamada caña flecha, lo cual aumenta los costos de producción. Como respuesta a este escenario, se propuso una investigación para buscar la posibilidad de usar como tutor las plantas de maíz mejorado, en reemplazo de las espalderas, con el propósito de reducir los costos de producción y conseguir un ingreso adicional con la producción de maíz.

El experimento se desarrolló en la Estación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia), y se encontró que es posible usar el maíz como tutor de las plantas de frijol así como reemplazar el cultivar de maíz "regional o criollo" por cultivares mejorados como el ICA V-305 o el híbrido FNC-3054 (Tabla 16). Aparte de esto, la siembra del frijol puede hacerse 90 días después de haber sembrado el

maíz, lo que se conoce como sistema de producción frijol en relevo con maíz. En este sistema también se hace el manejo agronómico independiente del maíz, el frijol y el café, para garantizar la máxima eficiencia del sistema.



De acuerdo con Granada (2006), la producción de frijol superó los 900 kg.ha⁻¹ y los de los cultivares de maíz mejorados estuvieron por encima de las 4 t.ha⁻¹, con lo cual se contribuye a la generación de ingresos adicionales al café y a la seguridad alimentaria de la zona cafetera (Tablas 16 y 17), con sistemas de producción menos costosos, al usar tutor vivo productivo (Maíz) para el frijol y materiales mejorados de maíz, sin afectar la producción de café.

Sistema de producción: Tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) intercalado con siembras nuevas de café



Cultivar de maíz	Rendimiento de grano seco (15 % de humedad)
FNC-3054	7.081 a
ICA V-305	5.149 b
REGIONAL	4.746 b
Media general	5.658
Coeficiente de variación (%)	8,4

Tabla 16 .

Producción (kg.ha⁻¹) de maíz híbrido FNC-3054, variedad ICAV-305 y Regional, en función de tutor de frijol cargamanto, intercalados en zoca de café. Estación Experimental El Rosario, Venecia- Antioquia (Granada, 2006).

Tutor	Rendimiento	Vainas/planta	Granos/vaina	Peso de 100 granos (g)
Artificial	1.141 a	5,4 a	5,16 a	76,2 a
ICA V-305	973 b	5,0 a	4,98 ab	71,9 a
FNC-3054	985 ab	5,2 a	4,86 ab	72,3 a
Regional	897 b	4,9 a	4,82 b	73,8 a
Media	999	5,1	5,0	73,5
Coefficiente de variación (%)	15,0	16,8	6,0	8,2

Tabla 17.

Rendimiento (kg.ha⁻¹), número de granos/vaina, vainas/planta y peso de 100 granos para cada tipo de tutor de frijol cargamanto en relevo con maíz, intercalado en zocas de café. Estación Experimental El Rosario, Venecia-Antioquia (Granada, 2006).

En siembras nuevas de café o en lotes renovados por zoca es posible intercalar dos cosechas seguidas de tomate de mesa, con 35.000 plantas/ha, sin que se afecte la producción de café. En este sistema también deben manejarse los cultivos independientemente.

En la Estación Experimental Líbano (Tolima), el promedio de la producción de tomate de primera fue de 25 t.ha⁻¹ (Tabla 18), en un lote renovado por zoqueo, lo cual muestra la posibilidad de generar ingresos adicionales con una buena producción, sin afectar la producción de café (Tabla 19). Este sistema de producción se logra

Arreglo espacial de la zoca de café (m)	Sistema de Siembra del tomate	Sistema de manejo del tomate	Producción de tomate	
			Cosechas	
			Primera	Segunda
1,0 x 1,0 (Un tallo/sitio)	Surcos alternos	Sin aporque	30,4	35,8
		Con aporque	25,9	27,6
	Surcos comunes	Sin aporque	33,7	40,2
		Con aporque	29,8	38,2
1,0 x 1,0 (Dos tallos/sitio)	Surcos alternos	Sin aporque	21,9	12,8
		Con aporque	19,9	11,0
	Surcos comunes	Sin aporque	25,5	17,9
		Con aporque	21,3	14,2
Promedio general			26,0	24,7
Coeficiente de variación (%)			11,6	13,0

Tabla 18.

Producción de tomate (t.ha⁻¹) en dos sistemas de siembra y dos sistemas de manejo intercalado con zoca de café, en dos arreglos espaciales. Estación Experimental Líbano (Tolima).

Arreglo espacial de la zoca de café (m)	Sistema de Siembra del tomate	Sistema de manejo del tomate	Producción de café pergamino seco	
			Primera cosecha	Acumulado
1,0 x 1,0 (Un tallo/sitio)	Surcos alternos	Sin aporque	3.844	13.570
		Con aporque	3.989	12.625
	Surcos comunes	Sin aporque	3.091	12.928
		Con aporque	3.698	13.380
1,0 x 1,0 (Dos tallos/sitio)	Surcos alternos	Sin aporque	3.046	10.349
		Con aporque	3.333	11.088
	Surcos comunes	Sin aporque	2.126	11.054
		Con aporque	2.028	9.660
Media general			3.144	11.831
Coeficiente de variación (%)			14,8	14,5

Tabla 19.

Producción de café pergamino seco (kg.ha⁻¹), intercalado con tomate de mesa en dos arreglos espaciales del café, dos sistemas de siembra y dos sistemas de manejo del tomate. Estación experimental Líbano, Tolima.

sembrando los surcos de tomate en el centro de la calle del café (Surcos alternos), sin aporcar las plantas de tomate, lo cual aparte de ser un gasto innecesario, predispone el lote a la erosión.

Otro aspecto importante en este sistema es que si se maneja de forma técnica, racionalizando los pesticidas en el cultivo del tomate, puede obtenerse una buena producción a bajos costos, con un producto de calidad y menos residuos de pesticidas.

Sistema de producción arroz (*Oryza sativa* L.) intercalado con siembras nuevas de café

Los resultados experimentales obtenidos en la Estación Central Naranjal y la Estación Experimental La Catalina, muestran que en siembras nuevas de café puede intercalarse dos siembras seguidas de arroz, con labranza mínima, usando tan sólo 60 kg.ha⁻¹ de semilla de arroz, sin afectar la producción de café y obteniendo buenas producciones de arroz.

Esta es una opción para mejorar la seguridad alimentaria y algunas características de los suelos, al considerar la gran cantidad de residuos de cosecha que quedan en cada cosecha de arroz, la cual se incorpora rápidamente al suelo, con el consecuente reciclaje de nutrientes.

El arroz no afectó la producción de café y la de arroz no se afectó por la presencia del café. Por lo tanto, es factible sembrar dos ciclos de arroz intercalados en siembras nuevas de café, sin que se afecte su producción. El promedio de la producción del arroz fue de 3.871 y 4.736 kg.ha⁻¹ de forma respectiva para los ciclos primero y segundo. En promedio el café produjo 7.263 y 4.875 kg.ha⁻¹ de café pergamino seco en la primera y segunda cosechas, respectivamente (Murero et al., 2004).

Aparte de contribuir a la seguridad alimentaria en la zona cafetera, el arroz tiene como utilidad adicional que se puede usar como barreras vivas productivas por su gran capacidad de generar macollas, lo cual le permite

proteger el suelo con su sistema radical bastante robusto y amortiguar la escorrentía. Además, la biomasa seca del arroz, después de la cosecha, puede servir como cobertura muerta para mejorar la retención de agua en el suelo en épocas de bajas precipitaciones.

Sistema de producción tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) rubio tipo Burley, intercalado con zocas de café

Los resultados obtenidos en la Estación Experimental La Catalina muestran que en lotes de café renovados mediante zoqueo, se pueden intercalar con el café dos ciclos continuos de cultivo de tabaco rubio tipo Burley sin afectar la producción de café, con producciones de tabaco similares a las que se obtienen en las zonas de producción tabacalera.

El tabaco es otra opción para mejorar los ingresos de los caficultores, usando un cultivo industrial, el cual cuenta con el respaldo de las empresas tabacaleras, las cuales financian los costos relacionados con el cultivo del tabaco y garantizan la compra del producto.

En esta investigación aparte de haberse obtenido una producción de tabaco de 2.840 kg.ha⁻¹, según el MADR (2005) por encima de los promedios de las producciones nacional de 1.800 kg.ha⁻¹ y mundial de 1.600 kg.ha⁻¹, también se obtuvo un producto de buena calidad, lo cual garantiza al caficultor buena rentabilidad en este cultivo, debido a que el precio de este producto depende de la calidad. Otro aspecto importante es el fitosanitario, donde no existen problemas de plagas ni de enfermedades similares en los dos cultivos. Pero como con los demás sistemas de producción en arreglos interespecíficos, el manejo de cada cultivo se debe hacer de manera independiente.

Aparte de contribuir con la generación de ingresos adicionales a los caficultores, este sistema de producción es importante porque al cultivar tabaco se necesita mano de obra adicional, tanto para las labores del cultivo como para la cosecha, la cual se hace de forma gradual y la postcosecha, que se hace organizando las hojas con sumo cuidado en estructuras denominadas tendales,

donde se secan las hojas y luego se empaican en fardos para su comercialización.

Rotación de cultivos transitorios intercalados con café



Aparte de los sistemas de producción de cultivos transitorios intercalados con café, también se cuenta con resultados de investigación que demuestran la posibilidad de hacer rotación de los cultivos transitorios para diversificar la producción conforme a las necesidades del caficultor, de tal manera que puede rotarse entre maíz, frijón arbustivo y tomate de mesa. En cualquiera que sea la secuencia, lo más conveniente es empezar siempre con maíz, sin el riesgo de que se afecte la producción de café.

De otra parte, el establecimiento de las arvenses nobles mediante el manejo integrado de éstas no afecta la producción de café ni de los cultivos intercalados. Es así como al intercalar cultivos transitorios con zocas de café en levante, el manejo de arvenses puede realizarse con machete o guadaña y el equipo selector de arvenses. Esta práctica del manejo integrado de arvenses (MIA), es una opción para mantener la humedad del suelo en condiciones de años de presencia del Evento de El Niño.

Sistemas con cultivos semiperennes

Sistema de producción: Barreras de plátano (*Musa sp.* Grupo AAB) intercaladas con siembras nuevas de café

El cultivo del plátano en Colombia tiene gran importancia socioeconómica, porque es uno de los productos fundamentales de la canasta familiar y es fuente generadora de trabajo y divisas para el país.



El plátano puede cultivarse en diferentes zonas agroecológicas dentro del rango altitudinal de 0 a 2.000 m y temperaturas entre 17°C y 35°C. En Colombia se cultivan alrededor de 384.957 ha, con una producción total anual de 2,6 millones de toneladas de racimos, de las cuales 96% se dedican al mercado interno y el resto a la exportación eliminar. Los principales centros productores se encuentran en las zonas cafeteras de la Región Andina, donde se cultivan 234.843 ha (61% del área cultivada), que aportan el 58% de la producción nacional.

Del área cultivada en plátano, el 87% se encuentra como cultivo tradicional intercalado con café, cacao, yuca y frutales, y el 13% está como unicultivo tecnificado. El consumo nacional anual *per cápita* año es de 68 kg, uno de los más altos del mundo; es el tercer producto agrícola que se consume en Colombia, después de la papa y la leche. En la zona cafetera central el cultivo del plátano genera aproximadamente unos 44.790 empleos permanentes por año y aporta el 7% del producto interno agrícola. El clon Dominico-Hartón es el material más cultivado y su producción total representa el 31,4% de la producción nacional, abasteciendo la mayoría de los principales mercados del país. En el resto del país, el clon predominante es el Hartón, más adaptado y productivo en zonas de altitudes menores a 1.000 m (Belalcázar, 1991; Cayón *et al.*, 1998).

Una de las limitaciones en el negocio del plátano es que su comercialización tiene muchas dificultades a causa de la dispersión de las zonas productoras, la ausencia o la deficiencia de vías de comunicación con los centros de consumo urbano y la concentración irregular del mercado por los mayoristas e intermediarios que imponen los precios. Aparte de esto, los productos percederos como el plátano sufren constantes deterioros por el mal manejo en postcosecha, aumentando las pérdidas en cantidad y calidad de la producción, lo cual influye sobre el precio final.

Producir plátano aplicando la tecnología disponible es imprescindible para garantizar la seguridad alimentaria de la población, fundamentalmente de los grupos con menor capacidad de acceso a bienes y servicios, para quienes los alimentos básicos como el plátano, representan la mayor proporción de gastos de la llamada canasta familiar y para aumentar la rentabilidad del cultivo. Aun así, el plátano se ha constituido en un renglón de gran importancia socioeconómica, desde el punto de vista de seguridad alimentaria y generación de empleo, que se estima en 142.515 empleos permanentes por año, es decir, 36.000 familias en promedio, destinadas a las labores del cultivo en todo el país.

A pesar de que el plátano es un producto de permanente producción, las épocas de cosecha se ven afectadas por factores como la producción y la recolección de café, o por las épocas de fuerte invierno. Estos movimientos o períodos de producción originan a su vez movimientos en los precios según los volúmenes ofrecidos.

El plátano Dominico hartón, es el que más se cultiva en la zona cafetera, tiene en promedio cinco manos y alrededor de 8 a 12 dedos por mano y su producción es permanente durante todo el año.

Los principales sistemas para su producción son unicultivo tecnificado, mateado en los lotes de café

(Arreglo espacial irregular) e intercalado con café como barreras.

Los resultados de la investigación del sistema barreras de plátano (Dominico hartón) intercaladas con café, muestran que si el plátano se maneja de manera adecuada, es decir, material de siembra de buena calidad y libre de plagas, el ciclo de vida del cultivo alcanza 6 años y se logra una productividad de un racimo por unidad productiva por año. De igual forma, se determinaron las distancias mínimas entre barreras para sembrar el plátano, con el fin de no afectar la producción de café, con las cuales pueden lograrse las mayores producciones de racimos por hectárea, como otra forma de generar ingresos adicionales al café, aprovechando el mismo lote con un cultivo semiperenne (Tabla 20).

Distancia de siembra del café (m)	Distancia entre las barreras de plátano (m)	Número de surcos de café entre barreras	Unidades productivas de plátano por hectárea
1,0 x 1,0	16	15	298
2,0 x 1,0	14	9	340
1,5 x 1,5	14	14	340
2,0 x 2,0	12	9	396

Tabla 20.

Sistema de producción café intercalado con barreras de plátano, en tres arreglos espaciales del café (Moreno et al., 2005).

Recomendaciones prácticas

- Al intercalar cualquier cultivo con el café debe hacerse el manejo agronómico independiente a cada cultivo, a fin de reducir la posible competencia del cultivo intercalado con el café, y de esta forma obtener ingresos adicionales sin afectar la producción de café.
- En los lotes con zocas de café pueden intercalarse dos ciclos de maíz, seguidos con 45.000 plantas/ha de maíz, sin que se afecte de forma significativa la producción de café de la primera cosecha ni de las subsiguientes.
- Para el caso de la siembra y la fertilización del maíz se recomienda sembrar 25.000 sitios/ha, cada uno con dos plantas, aplicar 100 kg.ha⁻¹ de nitrógeno, 100 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ y 60 kg.ha⁻¹ de K₂O.
- Si el pH del suelo es menor o igual a 5,5 un mes antes de la siembra del maíz, se deben aplicar 500 kg.ha⁻¹ de cal dolomítica regada en las calles del café, para evitar las deficiencias de magnesio y calcio. Si la siembra se va a hacer en lotes a renovar por zoca, la cal dolomítica, se debe aplicar antes de hacer el zoqueo para facilitar su incorporación al suelo. Si después de usar este plan de fertilización, se nota deficiencia de nitrógeno, se debe hacer un refuerzo con urea, cuyo costo se recupera con la producción.
- La siembra de dos ciclos seguidos de fríjol arbustivo hasta con 160.000 plantas/ha, no afecta la producción del café, y se obtienen producciones de fríjol seco (15% de humedad) entre 587 y 1.113 kg.ha⁻¹ y una producción media de 850 kg.ha⁻¹.

Literatura citada

- ARAYA, R.; ZAMORA, A. Efecto del frijol común sobre la productividad del cafeto podado y en formación. *Agronomía costarricense* 13(1):93-97. 1989.
- BELALCÁZAR C., S. *Manual de asistencia técnica: El cultivo del plátano en el trópico (Musa AAB Simmonds)*. Cali: ICA, 1991. 375 p.
- BHEEMAIAH, M.M.; SHARIFF, M. Multiple cropping in coffee. *Indian coffee* 53(12):9-13. 1989.
- CHENGAPPA, P.G.; REBELLO, N.S.P. An economic analysis of intercropping in coffee states of Coorg. *South indian horticulture* 25(4):154-157. 1977.
- CAYÓN, G.; BELALCÁZAR, S.; LOZADA, J.E. Ecofisiología del plátano (*Musa AAB Simmonds*). p. 221-236. En: SEMINARIO Internacional sobre producción de plátano. (Mayo 4-8 1998 : Armenia). Armenia : CORPOICA : SENA, 1998. 236 p
- CENTENO, M.; CAMPO, A.M.; BLANCO, M. Efecto del asocio del frijol común (*Phaseolus vulgaris L.*) en el crecimiento y desarrollo el café. Guatemala : PROMECAFE, 1994. 17 p. (Boletín No. 65).
- GÓMEZ, P.F.; GÓMEZ, J.E. Adaptación de once materiales de soya (*Glycine maxima*) intercalados con café en la zona central cafetera de Caldas. Manizales : Universidad de Caldas. Facultad de agronomía, 1988. 125 p. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- GRANADA D., D. Estudio del sistema de producción frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) relevo maíz (*Zea mayz L.*) intercalado en zocas de café (*Coffea arabica L.*). Pasto : Universidad de Nariño, 2006. Tesis: Ingeniero agrónomo.
- GRANADA D., D.; MORENO B., A.M.; GARCÍA A., J.; MEJÍA M., J.W. Estudio del sistema de producción frijol relevo maíz, intercalado en zocas de café. *Cenicafé* 58(2):111-121. 2007.
- LOBO, M. Limitantes de perspectivas de la producción de frijol en Colombia. ICA, 1991. 20 p. (Boletín Informativo No. 5).
- MADR. Observatorio agrocadenas Colombia documento de trabajo No. 55: La cadena del tabaco en Colombia, una mirada global de su estructura y dinámica 1991-2005. [En línea]. Bogotá : El ministerio, 2005. Disponible en internet: http://www.agronet.gov.co/www/docs_agronet/2005112164853_caracterizacion_tabaco.pdf. Consultado el 13 de marzo de 2013.
- MEAD, R.; WILLEY, R.W. The concept of "Land Equivalent Ratio" and advantage in yields from intercropping. *Experimental agriculture* 16(3):217-228. 1980.
- MELLES, C.C.A.; CHEBABI, M.A.A.; GUIMARAES, P.T.G. Culturas intercalares em lavouras cafeeiras nas fases de formacao e producao. p. 198-201. En: CONGRESSO Brasileiro de pesquisas cafeeiras. (12 : Outubro 28-31 1985: Caxambu). Rio de Janeiro : Instituto brasileiro de pesquisas cafeeiras, 1985.
- MELLES, C.C.A.; GUIMARAES, P.T.G.; BARTHOLO, G.F.; ALVARENGA, M.P. Podas para a renovacao do cafeeiro. *Informe agropecuario* 14(162):29-32. 1989.
- MORENO B., A.M. Sistemas de producción de maíz intercalado con café en la zona cafetera colombiana. p. 515-522. En: REUNIÓN Latinoamericana de maíz. (20 : Octubre 11-14 2004 : Lima). Lima : Ministerio de Agricultura de la República del Perú, 2004. 616 p.
- MORENO B., A.M.; CHATEL, M.H.; OSPINA R., Y.; BORRERO, J.; GUIMARAES, E.P. El arroz de secano, nueva opción de cultivo para la región cafetera: Estudio agroeconómico del sistema arroz (*Oryza sativa L.*) intercalado con siembras nuevas de café (*Coffea arabica L.*). *Fitotecnia colombiana* 4(1):9-18. 2004.
- MORENO B., A.M.; HERNÁNDEZ G., E.; GRISALES L., F.L. Productividad del sistema café intercalado con plátano en barreras. *Cenicafé* 56(1):79-85. 2005.
- MORENO B., A.M.; POSADA S., H.E.; MESTRE M., A. Obtenga ingresos adicionales al intercalar frijol en siembras nuevas de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 4 p. (Avances Técnicos No. 219).
- MORENO B., A.M.; POSADA S., H.E.; MESTRE M., A. Obtenga ingresos adicionales al intercalar maíz en siembras nuevas de café. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 4 p. (Avances Técnicos No. 220).
- POSADA S., H.E.; KORNEGAY, J. Variedades de frijol para la zona cafetera. Chinchiná : CENICAFÉ, 1995. 4 p. (Avances Técnicos No. 222)
- POSADA S., H.E. Seminario técnico línea frijol PVA-916. Bogotá : FNC, 1991. 9 p.