

Productividad de café en sistemas intercalados

Argemiro M. Moreno B.



Estructura de los sistemas de producción

Un sistema de producción agrícola es una actividad dirigida a transformar componentes abióticos (oferta ambiental) en ingresos económicos, mediante componentes bióticos (genotipos) ordenados en arreglos espaciales y cronológicos, sometidos a prácticas adecuadas de manejo. Por ejemplo, la planta de café (genotipo) transforma CO₂, agua, energía solar y minerales en granos de café para satisfacer mercados.

La estructura de los sistemas de producción se denomina arreglo y ordena los componentes bióticos en el tiempo y el espacio.

Arreglos interespecíficos

Se relacionan directamente con los componentes de tipo biótico, representados en poblaciones de cultivos (componentes específicos), que interactúan para formar el sistema. 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 negativas (competencia o alelopatía), para optimizar los recursos invertidos en la producción de las especies vegetales.

Arreglos espaciales

Son el resultado de la distribución de las poblaciones de los componentes específicos en el terreno. 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 su espacio 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.

El arreglo espacial, es determinante a la hora de diseñar un sistema de producción, sea experimental o comercial, porque debe hacerse de tal manera que las interacciones interespecíficas afecten lo menos posible los productos del sistema. En café, según los resultados de la investigación 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 como interespecíficas, con el fin de maximizar la producción del sistema.

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 tanto, es posible producir diferentes niveles de interacción entre los cultivos en el tiempo. Como ejemplo se puede 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 ocurren una serie de interacciones que se describen como alelopatía y competencia.

La alelopatía, que 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 su efecto sobre ésta.

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

En términos generales, puede decirse que 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, componente principal del sistema.

Evaluación de los sistemas de producción agrícolas

Al considerar que el fin 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 y del tiempo, ante un recurso escaso como puede ser el suelo. Por 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. El IRRI¹ (1973, 1974) y Mead y Willey (1980), han propuesto el concepto de “Índice Equivalente de Terreno” (IET), 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.

Si tenemos que en el sistema de producción café intercalado con maíz las producciones de maíz fueron de 4,2 t/ha dentro del sistema y de 5,0 t/ha como unicultivo, y las del café 220 arrobas (@) de cps/ha dentro del sistema y de 240 @ cps/ha como unicultivo, el IET se calcula de la siguiente forma:

$$IET = \frac{4,2}{5,0} + \frac{220}{240} = 0,84 + 0,91 = 1,75$$

Significa que al usar este sistema de producción, lo que se produce en una hectárea, necesitaría 1,75 ha en unicultivos para obtener la misma producción; por tanto, en este caso el sistema de producción café intercalado con maíz es más eficiente que los unicultivos. A manera de ilustración puede observarse en la Tabla 11.1, el IET en diversos arreglos entre frijol voluble tipo cargamanto y tres cultivares de maíz, con tres fechas relativas de siembra del frijol 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 frijol, 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 la causa de dicho efecto. Por eso, para el caso de la siembra de café intercalado con maíz, no se recomienda hacer 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 multiplicar este resultado por las porciones relativas de espacio de cada cultivo (Leihner, 1983). A manera de ejemplo, si en los datos anteriores el café estuvo sembrado a 1,0 m x 1,0 m y el maíz a 1,0 m x 0,4 m (2 plantas/sitio), con las producciones ya mostradas, las tasas de competencia se calculan así:

$$\begin{aligned} \text{Tasa de} \\ \text{competencia del maíz} &= \left(\frac{4,2}{5,0} / \frac{220}{240} \right) * \left(\frac{1}{1} \right) \\ &= \left(0,84 / 0,91 \right) * \left(\frac{1}{1} \right) = 0,92 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tasa de} \\ \text{competencia del café} &= \left(\frac{220}{240} / \frac{4,2}{5,0} \right) * \left(\frac{1}{1} \right) \\ &= \left(0,91 / 0,84 \right) * \left(\frac{1}{1} \right) = 1,08 \end{aligned}$$

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 ya habíamos observado un IET bastante alto, como una indicación de la alta eficiencia del sistema, con valores de la tasa de competencia alrededor de uno.

Evaluación económica. Se hace en función de los costos variables de cada cultivo y puede expresarse como el margen bruto de cada cultivo.

¹ International Rice Research Institute, Los Baños, Filipinas.

Tabla 11.1. Índices equivalentes de terreno (IET) de frijol 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. Subestación El Rosario, 2006 (Granada, 2006).

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

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 la primera cosecha 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.

Para el caso del maíz por ejemplo, las experiencias que se tienen en fincas de agricultores con actitud de empresarios agrícolas ha sido la de haber logrado ingresos netos de por lo menos un millón de pesos por hectárea.

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

Diseños experimentales usados en el estudio de arreglos interespecíficos

Ya se ha visto que un sistema de producción está conformado por los cultivos en arreglos espaciales y cronológicos, el cual en ambientes determinados tendrá diferentes salidas como producto de su función; por tanto, es necesario diseñar experimentos en el campo para conocer la función del sistema con la cual se obtengan los mejores resultados en términos de IET, de tasas de competencias o de ingresos netos, para luego recomendarlo a los caficultores.

Para lograr lo anterior se cuenta con metodologías de diseño experimental, que para el caso de modificar la población de los cultivos cuenta con los diseños aditivos y las series de reemplazo.

Los diseños aditivos, consisten en variar la población de un cultivo manteniendo la del otro constante para determinar de esta manera con cual densidad se logra la tasa de competencia mínima con el cultivo principal. Cuando se estudió el sistema café intercalado con maíz, la población de maíz varió entre 15.000 y 45.000 plantas/ha. Estos diseños son útiles cuando se quiere conocer la máxima población que debe intercalarse con otro cultivo, cuando éste es el cultivo principal, de tal manera que la competencia del cultivo intercalado no sea significativa.

Lo anterior tiene aplicación, cuando se establecen cultivos perennes con tiempos de establecimiento relativamente largos e improductivos, para aliviar el flujo de caja durante ese período. Aparte de esto, es una oportunidad para aumentar el reciclaje de la materia orgánica que queda en los residuos de cosecha del cultivo intercalado; el cual dentro de lo posible debe ser de ciclo corto, para poder sembrarlo más de una vez, aunque también se puede hacer rotación de los cultivos transitorios.

Las series de reemplazo permiten variar de forma simultánea las poblaciones de dos o más cultivos, de tal manera que la población total se mantenga constante. Por ejemplo, si se fuera a estudiar el sistema café intercalado con yuca podría trabajarse con una población de 10.000 plantas/ha para el sistema, variando la

población de yuca entre 0 y 10.000 plantas/ha y la de café entre 10.000 y 0 plantas/ha, cumpliendo con que la densidad de siembra de las dos poblaciones sea siempre igual a 10.000 plantas/ha. Este tipo de diseño permite conocer la combinación máxima de poblaciones entre dos especies con la mínima competencia y la máxima eficiencia biológica.

Opciones tecnológicas para los sistemas de producción complementarios al café

Durante década y media, 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 frijol arbustivo, frijol voluble, tomate de mesa y arroz intercalados con café, tanto en siembras nuevas como con zocas. 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 frijol y el tomate de mesa, intercalados con zocas de café y manejo integrado de arvenses.

De estas investigaciones puede concluirse que al intercalar cualquier cultivo con el café debe hacerse el 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.

De otra parte, al planificar la fertilización de los cultivos intercalados el análisis de suelo debe corresponder a una muestra tomada en las calles del café, porque los resultados del análisis de suelo entre la muestra tomada en el plato y la tomada en las calles del café, presentan algunas diferencias (Tabla 11.2). Por tanto, el resultado

del análisis de suelo que se tiene para el cafetal no debe usarse para otros cultivos.

Producción de 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 se aumenta cuando se intercalan cultivos. Chengapa y Rebello (1977), informan 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 el 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 nutrientes. Pero esa reducción puede variar o compensarse con la producción del otro cultivo. El efecto de competencia por el intercalamiento, depende de: edad del café, tipo de cultivo, sistema de siembra, manejo agronómico y de los arreglos espacial y cronológico. Por tanto, con buenas prácticas agronómicas en el cultivo intercalado, con el uso de materiales mejorados, con las poblaciones acordes con las distancias de siembra del cultivo principal, con los sistemas adecuados de siembra y con 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; Mestre y Salazar, 1989).

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 (Figura 11.1), para ofrecer a los caficultores las opciones tecnológicas que le permitieran a los caficultores colombianos intercalar maíz tanto en los lotes con siembras nuevas de café

Tabla 11.2. Resultado del análisis de suelo de las muestras tomadas en un mismo lote tanto en el plato como en las calles del café. Subestación El Rosario, 2005 (Granada, 2006).

| Sitio de muestreo | pH | Porcentaje | | P (mg.kg ⁻¹) | cmol ₍₊₎ .kg ⁻¹ | | | | Textura |
|-------------------|-----|------------|------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-----|-----|-----|---------|
| | | N | Materia Orgánica | | K | Ca | Mg | Al | |
| En el plato | 4,4 | 0,62 | 17,9 | 9,0 | 1,29 | 0,6 | 0,5 | 3,7 | F |
| En la calle | 4,6 | 0,62 | 17,7 | 9,0 | 0,44 | 1,4 | 0,5 | 2,7 | F |



Figura 11.1. Siembra de café intercalada con maíz.

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 11.3).

Se usaron líneas derivadas de Caturra x HT, tanto en siembras nuevas como en zocas; por tener buena

arquitectura de planta, buen comportamiento agronómico y ser resistentes 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 11.4).

En todas las localidades se evaluó el efecto sobre la producción de café, de dos ciclos seguidos de maíz en tres poblaciones intercalados con café en tres distancias de siembra, bajo un diseño de bloques completos al azar en parcelas subdivididas con cuatro repeticiones.

Siembra. Tanto en los lotes con siembras nuevas de café como en los zoqueados, 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, lo cual se fundamentó en los resultados de Margate *et al.* (1993), quienes al estudiar el sistema coco (*Cocos nucifera* L.) intercalado con café, concluyeron que la aplicación de fertilizantes al coco, con o sin fertilizar el café, incrementaron la cosecha de copra; el coco no fertilizado, aunque el café lo estuviera, produjo cosechas bajas, sugiriendo que el coco no se beneficiaba de los fertilizantes aplicados al café; si el coco estaba fertilizado, la cosecha de café no se beneficiaba del

Tabla 11.3. Localidades donde se evaluó el sistema de producción maíz intercalado con café.

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

fertilizante aplicado al coco, por tanto fue necesario aplicar fertilizante por separado a los dos cultivos. Con base en lo anterior, se optó por hacer el manejo agronómico independiente al maíz y al café; conforme a las labores propias de cada cultivo, incluida la fertilización según el análisis de suelo.

Al momento de la siembra o diez días después de la emergencia se fertilizó el maíz, aplicando 200 kg.ha⁻¹ de difosfato de amonio (DAP) más 50 kg.ha⁻¹ de cloruro de potasio, con un refuerzo de 150 kg.ha⁻¹ de urea más 50 kg.ha⁻¹ de cloruro de potasio, treinta días después de la emergencia.

En los experimentos establecidos en cafetales con siembra nueva de café, hubo efecto significativo 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 11.5 y 11.7).

Tabla 11.4. Características agronómicas de las variedades ICA V-305 e ICA V - 354 (Navas *et al.*, 1993).

| Característica agronómicas | ICA V - 305 (Swan x La Posta) | ICA V - 354 (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 |
| Color y textura del grano | Amarillo semicristalino | Blanco semicristalino |
| Porcentaje de desgrane | 85 | 84 |
| Población comercial | 40.000 - 50.000 plantas/ha | 40.000 - 50.000 plantas/ha |

Tabla 11.5. Producción de café (@ cps/ha) en siembra nueva intercalada con dos ciclos de maíz en la etapa de establecimiento. Finca El Pará (La Unión, Nariño) (Cenicafé, 2000).

| Distancia de siembra del café (m) | Población de maíz (plantas/ha) | Cosecha 1 | | Cosecha 2 | | Media | |
|-----------------------------------|--------------------------------|--|-------|-----------|-------|-------|-------|
| | | ciclos de cultivo de maíz y su producción en kg.ha ⁻¹ | | | | | |
| | | Uno | dos | uno | dos | Uno | Dos |
| 1,00 x 1,00 | 0 | 626,4 | 663,1 | 638,6 | 666,5 | 632,4 | 664,8 |
| | 15.000 | 834,5 | 879,1 | 604,2 | 617,4 | 719,3 | 748,2 |
| | 30.000 | 784,4 | 739,5 | 628,6 | 608,9 | 706,5 | 674,2 |
| | 45.000 | 799,4 | 675,8 | 634,6 | 671,1 | 717,0 | 673,5 |
| 1,15 x 1,15 | 0 | 668,9 | 572,5 | 587,7 | 552,4 | 628,3 | 562,4 |
| | 15.000 | 879,1 | 658,4 | 560,8 | 519,9 | 720,0 | 589,1 |
| | 30.000 | 703,8 | 643,6 | 543,4 | 646,7 | 623,6 | 645,1 |
| | 45.000 | 742,6 | 482,2 | 562,7 | 587,1 | 652,7 | 634,6 |
| 1,42 x 1,42 | 0 | 494,6 | 450,6 | 483,8 | 462,8 | 489,2 | 456,7 |
| | 15.000 | 444,3 | 440,6 | 516,6 | 388,8 | 480,5 | 414,7 |
| | 30.000 | 476,8 | 418,0 | 474,2 | 432,7 | 475,5 | 425,4 |
| | 45.000 | 498,4 | 439,3 | 477,2 | 489,0 | 487,8 | 464,1 |
| Media general | | 662,8 | 588,6 | 559,4 | 553,6 | 611,0 | 571,1 |
| Coefficiente de variación (%) | | 23,5 | | 14,3 | | 13,1 | |

Tabla 11.6. Producción (kg.ha⁻¹) y prolificidad de maíz intercalado en una siembra nueva de café. Finca El Pará (La Unión, Nariño) (Cenicafé, 2000).

| Distancia de siembra del café (m) | Poblaciones de maíz (Plantas/ha) | kg.ha ⁻¹ de maíz seco | | Prolificidad | |
|-----------------------------------|----------------------------------|--|-------|--------------|------|
| | | Ciclos de cultivo de maíz y su producción en kg.ha ⁻¹ | | | |
| | | Uno | Dos | Uno | Dos |
| Maíz solo | 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 11.7. Producción de café (@ cps/ha) en siembra nueva intercalada con dos ciclos de maíz. Estación Central Naranjal (Caldas) y Subestaciones Experimentales Albán (Valle) y Gigante (Huila) (Moreno *et al.*, 1995).

| Plantas de café/ha | Plantas de maíz/ha | Producción de café (arrobos de café pergamino seco por hectárea) | | | | | |
|------------------------------|--------------------|--|---------|-------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
| | | Estación Central Naranjal (Caldas) | | S. Experimental Albán (Valle) | | S. Experimental Gigante (Huila) | |
| | | Ciclo 1 | Ciclo 2 | Ciclo 1 | Ciclo 2 | Ciclo 1 | Ciclo 2 |
| 10.000 | 0 | 424 | 477 | 428 | 332 | 403 | 357 |
| | 15.000 | 415 | 401 | 357 | 314 | 368 | 302 |
| | 30.000 | 421 | 386 | 348 | 301 | 259 | 246 |
| | 45.000 | 438 | 314 | 391 | 268 | 344 | 230 |
| 7.500 | 0 | 404 | 347 | 291 | 267 | 410 | 357 |
| | 15.000 | 302 | 429 | 262 | 221 | 360 | 305 |
| | 30.000 | 353 | 278 | 276 | 270 | 290 | 230 |
| | 45.000 | 381 | 307 | 274 | 200 | 238 | 180 |
| 5.000 | 0 | 277 | 250 | 196 | 204 | 256 | 190 |
| | 15.000 | 277 | 239 | 184 | 173 | 233 | 159 |
| | 30.000 | 280 | 220 | 211 | 193 | 219 | 144 |
| | 45.000 | 207 | 191 | 178 | 176 | 209 | 143 |
| Media general | | 348 | 320 | 283 | 243 | 299 | 237 |
| Coeficiente de variación (%) | | 15,4 | | 18,8 | | 24,4 | |

Con relación al maíz, no se observó ningún 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 la Tablas 11.6 y 11.8, se muestran los datos de producción y prolificidad de maíz, tanto en las Estaciones

Tabla 11.8. Producción de maíz (kg.ha⁻¹) intercalado en siembra nueva de café. Estación Central Naranjal (Caldas) y Subestaciones Experimentales Albán (Valle) y Gigante (Huila) (Moreno *et al.*, 1995b).

| Distancia de siembra del café (m) | Plantas de maíz Por hectarea | kg.ha ⁻¹ de maíz ajustado al 15% de humedad | | | | | |
|-----------------------------------|------------------------------|--|---------|----------------|---------|-------------------------|---------|
| | | Gigante (Huila) | | E. C. Naranjal | | Albán (Valle del Cauca) | |
| | | 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 solo | 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 |

Experimentales como en la finca de un caficultor.

Maíz intercalado en café zoqueado

En las cuatro localidades donde se estableció este experimento los dos ciclos seguidos de 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 11.9 y 11.11 muestran los datos de la producción media de café y las Tablas 11.10 y 11.12 los datos de producción y prolificidad (mazorcas por planta) de maíz, que se obtuvieron en las Estaciones Experimentales de Líbano

(Tolima) y Santa Bárbara (Cundinamarca).

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.

Análisis económico. Con base en los datos de caficultores exitosos, que administran sus fincas con criterios empresariales, los ingresos netos que obtuvieron variaron entre \$700.000 y \$1.300.000 por hectárea. En la Tabla 11.13, se muestra la relación de gastos e ingresos promedio de un ciclo de producción en la finca de un caficultor con producción empresarial tanto de café

Tabla 11.9. Producción (@ cps/ha) de café zoqueado intercalado con dos ciclos seguidos de maíz. Subestación Experimental Líbano (Tolima) (Moreno, 2004).

| Distancias entre zocas de café (m) | Plantas de maíz/ha | Producción de café (arrobos de café pergamino seco por hectárea) | |
|------------------------------------|--------------------|--|-------|
| | | Ciclos de producción de maíz | |
| | | Uno | Dos |
| 1,0 x 1,0 | 0 | 679,3 | 615,0 |
| | 15.000 | 644,3 | 739,8 |
| | 30.000 | 632,6 | 680,3 |
| | 45.000 | 734,0 | 822,0 |
| 2,0 x 1,0 | 0 | 477,6 | 517,8 |
| | 15.000 | 460,6 | 501,6 |
| | 30.000 | 539,0 | 522,6 |
| | 45.000 | 508,8 | 556,8 |
| Media general | | 584,5 | 619,5 |
| Coeficiente de variación (%) | | 18,3 | |

Tabla 11.10. Producción (kg.ha⁻¹), prolificidad e índice de desgrane del maíz intercalado con zocas de café. Subestación Experimental Líbano (Tolima) (Moreno, 2004).

| Distancias Entre zocas de café (m) | Plantas de maíz/ha | Prolificidad (mazorcas/plantas) | | Índice de desgrane | | Producción (kg.ha ⁻¹) | |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------------|---------|--------------------|---------|-----------------------------------|---------|
| | | 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 solo | 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 | | 1,40 | 1,2 | 73 | 74 | 5.770 | 4.923 |
| Coef. de variación (%) | | 12,3 | 10,8 | 6,7 | 4,1 | 20,4 | 22,3 |

Tabla 11.11. Producción de café zoqueado (@ cps/ha) intercalado con dos ciclos de maíz. Subestación experimental Santa Bárbara (Sasaima, Cundinamarca) (Moreno, 2004).

| Distancias entre zocas de café (m) | Población de maíz (plantas/ha) | Producción de café (arrobos de café pergamino seco por ha) | | | | | | | |
|------------------------------------|--------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|
| | | 1996 | | 1997 | | 1998 | | Total | |
| | | Ciclos de producción de maíz | | | | | | | |
| | | Uno | Dos | Uno | Dos | Uno | Dos | Uno | Dos |
| 1,0 x 1,0 | Café solo | 310,6 | 346,1 | 487,0 | 494,8 | 325,7 | 365,6 | 1.123,2 | 1.206,5 |
| | 15.000 | 341,7 | 315,8 | 488,5 | 447,9 | 361,8 | 310,8 | 1.192,0 | 1.074,6 |
| | 30.000 | 291,1 | 309,4 | 501,7 | 534,9 | 402,1 | 429,7 | 1.194,9 | 1.274,1 |
| | 45.000 | 312,5 | 284,4 | 528,0 | 453,0 | 373,5 | 355,8 | 1.214,0 | 1.093,2 |
| 2,0 x 1,0 | Café solo | 186,0 | 167,1 | 289,6 | 306,3 | 178,2 | 190,6 | 653,7 | 664,0 |
| | 15.000 | 174,6 | 142,4 | 263,8 | 252,9 | 152,2 | 208,0 | 590,7 | 603,3 |
| | 30.000 | 145,6 | 144,7 | 292,2 | 280,8 | 180,9 | 155,7 | 618,7 | 581,3 |
| | 45.000 | 158,2 | 146,3 | 219,1 | 241,9 | 152,9 | 282,1 | 530,2 | 670,3 |
| Media general | | 240,0 | 232,0 | 383,7 | 376,6 | 265,9 | 287,3 | 889,7 | 895,9 |
| Coeficiente de variación (%) | | 25,3 | | 19,4 | | 19,1 | | 13,8 | |

como de maíz.

De lo anteriormente expuesto, se puede resumir lo siguiente:

Intercalar maíz en lotes con zocas (Figura 11.2) 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.

En los lotes con siembras nuevas de café, puede intercalarse hasta 45.000 plantas/ha de maíz en el primer ciclo, seguido con otro ciclo de 30.000 plantas/ha, sin que se afecte de forma significativa la producción de café de la primera cosecha ni de las subsiguientes.

**Figura 11.2.** Zoca de café intercalada con maíz.

Tabla 11.12. Producción y prolificidad de maíz intercalado con zocas de café en la etapa de establecimiento. Subestación Experimental Santa Bárbara (Sasaima, Cundinamarca) (Moreno, 2004).

| Distancias entre zocas de café (m) | Poblaciones de maíz (plantas/ha) | kg.ha ⁻¹ de maíz seco | | Prolificidad (Mazorcas por planta) | |
|------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------|------------------------------------|-----------|
| | | Ciclo uno | Ciclo dos | Ciclo uno | Ciclo dos |
| Maíz solo | 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 | 13,0 | 13,0 |

Tabla 11.13. Relación de gastos e ingresos de un ciclo de producción comercial de maíz intercalado con café, en una finca de la zona central cafetera (2004a) (Moreno, 2004).

| Concepto | Unidad | Cantidad | Costo unitario (\$) | Total (\$) |
|--------------------------------------|----------|----------|---------------------|--------------|
| Ingresos | | | | |
| Venta de maíz | Tonelada | 4,3 | 460.000 | 1.978.000 |
| Egresos | | | | |
| Semilla | Ha | 1 | 82.250 | 82.250 |
| Fungicidas | Ha | 1 | 28.200 | 28.200 |
| Fertilizantes foliares | Ha | 1 | 16.450 | 16.450 |
| Insecticidas | Litro | 2 | 23.500 | 47.000 |
| Herbicidas | Litro | 3 | 7.050 | 21.150 |
| Fertilizante edáfico | Kg | 500 | 470 | 235.000 |
| Preparación del lote | Jornal | 15 | 11.750 | 176.250 |
| Siembra | Jornal | 5 | 11.750 | 58.750 |
| Fumigaciones | Jornal | 7 | 11.750 | 82.250 |
| Manejo de arvenses | Jornal | 16 | 11.750 | 188.000 |
| Aplicación fertilizantes | Jornal | 4 | 11.750 | 47.000 |
| Recolección | Jornal | 14 | 11.750 | 164.500 |
| Manejo residuos de cosecha | Jornal | 2 | 11.750 | 23.500 |
| Desgrane | Jornal | 8 | 11.750 | 94.000 |
| Total egresos | | | | \$ 1.264.300 |
| Ingresos - egresos (ingreso neto/ha) | | | | \$ 713.700 |

En los lotes con zocas de café, se puede intercalar 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.

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; de tal manera que en el 2005, en la zona cafetera colombiana, el área de café intercalada con maíz se aproximó a las 50.000 ha, con ingresos medios por hectárea por ciclo de producción entre \$700.000 y \$1.300.000.

Actualmente se cuenta con dos híbridos comerciales, FNC 3054 y FNC 3056, que tienen promedios de producción superiores a 7 t/ha, y son tolerantes a las enfermedades más comunes en la zona cafetera colombiana. Estos materiales son producto del convenio entre la FNC, CIMMYT y Fenalce.

Producción de 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 (Figura 11.3), 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 al 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 (Gomez *et al.*, 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 eso ha cambiado por la oferta de opciones tecnológicas y de materiales mejorados obtenidas por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), y evaluadas 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, 1991, 1993).

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 subestaciones Experimentales de Cenicafe 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 de Caturra x HT, con diferentes distancias de siembra del café y distintas poblaciones de frijol (diseño aditivo), con uno y dos ciclos seguidos de frijol para el caso de siembras nuevas de café y de dos y tres ciclos seguidos de frijol cuando las siembras se hicieron



Figura 11.3. Cultivo de frijol.

en lotes zoqueados.

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

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

Con el análisis estadístico de los datos de las dos primeras cosechas de café (Tabla 11.14), se demostró que la siembra de dos ciclos seguidos de frijol arbustivo hasta con 160.000 plantas/ha, no afecta la producción del café, y se obtienen producciones de frijol 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 Subestaciones La Catalina (Risaralda) y Gigante (Huila) (Tabla 11.15); resultados similares fueron encontrados por Araya *et al.* (1989). De igual manera Centeno *et al.* (1994), al evaluar el efecto del asocio del frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.) en el crecimiento y el desarrollo del café, no encontraron efectos significativos en cuanto

al crecimiento del café.

Es importante considerar que las distancias de siembra del café de 1 x 1 m, afectaron la producción de frijol frente a distancias de siembra más amplias; por 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 frijol por unidad de área.

Si se considera que antes de la primera cosecha de café, el agricultor no recibe ningún ingreso, el intercalamiento de frijol con el manejo ya descrito es una opción para obtenerlos por la producción de frijol, además de los beneficios adicionales por el manejo agronómico en fertilización y desyerbas del frijol.

Los resultados descritos muestran la factibilidad de intercalar dos ciclos seguidos de frijol 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 frijol. El número de surcos de frijol entre las calles del café depende de la distancia entre surcos de café; sin embargo, los surcos de frijol no deben quedar a menos de 25 cm del surco de café y a máximo 50 cm entre los surcos de frijol. Dentro de cada surco de frijol se debe garantizar de 8 a 10 plantas por metro lineal, sembradas al chorrillo o a chuzo (Figura 11.4).

Tabla 11.14. Producción (@cps/ha) de café intercalado con frijol en tres localidades, con tres poblaciones de café y tres poblaciones de frijol, en uno y dos ciclos seguidos de siembra (Moreno *et al.*, 1995a)

| Distancias de siembra del café (m) | Poblaciones de frijol (plantas/ha) | Producción de café (arrobas de café pergamino seco por ha) | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|--|-----|--------------------------------------|-----|----------------------------------|-----|
| | | Estación Central Naranjal | | Subestación Experimental La Catalina | | Subestación Experimental Gigante | |
| | | Ciclos de producción de frijol | | | | | |
| | | Uno | Dos | Uno | Dos | Uno | Dos |
| 1,00 x 1,00 | 80.000 | 555 | 507 | 290 | 378 | 519 | 502 |
| | 120.000 | 558 | 558 | 348 | 425 | 590 | 535 |
| | 160.000 | 490 | 523 | 338 | 441 | 612 | 579 |
| | Café solo | 518 | 540 | 388 | 463 | 601 | 571 |
| 1,15 x 1,15 | 80.000 | 454 | 531 | 294 | 379 | 441 | 415 |
| | 120.000 | 519 | 491 | 298 | 315 | 489 | 422 |
| | 160.000 | 528 | 543 | 246 | 355 | 429 | 392 |
| | Café solo | 496 | 463 | 313 | 364 | 453 | 443 |
| 1,50 x 1,50 | 80.000 | 254 | 310 | 180 | 200 | 255 | 221 |
| | 120.000 | 252 | 270 | 215 | 228 | 321 | 266 |
| | 160.000 | 222 | 269 | 146 | 229 | 291 | 225 |
| | Café solo | 296 | 316 | 218 | 185 | 289 | 235 |
| Media general | | 429 | 443 | 273 | 330 | 441 | 401 |
| Coeficiente de variación (%) | | 14,7 | | 15,9 | | 16,3 | |

Al tomar como base los resultados descritos y siguiendo las recomendaciones técnicas para establecer el cultivo de frijol y el manejo independiente de cada cultivo, puede obtenerse una tonelada y media de frijol seco, en los dos ciclos de producción. Aparte de lo anterior, se generan sesenta jornales por hectárea en cada ciclo de cultivo.

Producción de frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.) 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 frijol en las calles de las zocas (Mestre *et al.*, 1989).

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 se puede sembrar el



Figura 11.4. Café en siembra nueva intercalado con frijol.

Tabla 11.15. Producción (kg.ha⁻¹) de frijol arbustivo intercalado en tres poblaciones de café usando tres poblaciones de frijol con uno y dos ciclos seguidos (Moreno *et al.*, 1995a).

| Distancias de siembra del café (m) | Poblaciones de frijol (plantas/ha) | Producción de frijol arbustivo (kg.ha ⁻¹) | | | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|---|-----|--------------------------------------|-------|----------------------------------|-----|
| | | Estación Central Naranjal | | Subestación Experimental La Catalina | | Subestación Experimental Gigante | |
| | | Ciclos de producción de frijol | | | | | |
| | | 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 |
| 1,42 x 1,42 | 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 |
| Frijol 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 | |

fríjol 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 puede intercalar hasta tres ciclos consecutivos de fríjol arbustivo con una población de 160.000 plantas/ha, tanto en café a 1 x 1 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 fríjol fueron bastante satisfactorios (Tablas 11.16 y 11.17).

Para la zona cafetera colombiana se ha reportado un gran potencial de los frijoles arbustivos como: Cafetero, Cauca yá, Citará y Quimbaya, con rendimientos promedio de 1.687, 1.758, 1.441 y 1.392 kg.ha⁻¹, respectivamente; 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 fríjol tienen un período vegetativo alrededor de los noventa días (Posada *et al.*, 1995).

La experiencia con los anteriores materiales en cuanto a la presencia de enfermedades, sólo se tuvo con la

Tabla 11.16. Producción (kg.ha⁻¹) de fríjol arbustivo intercalado en dos poblaciones de café zoqueado, con tres poblaciones de fríjol con uno, dos y tres ciclos seguidos de siembra. Subestación experimental Líbano (Tolima) (Cenicafé, 1997).

| Distancia entre las zocas (m) | Plantas de fríjol/ha | Cosechas de fríjol y su producción en kg.ha ⁻¹ | | |
|---------------------------------|----------------------|---|-------|------|
| | | Una | Dos | Tres |
| 1,0 x 1,0 (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 x 1,0 (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 11.17. Producción (@ cps/ha) de café intercalado en dos poblaciones de café zoqueado, con tres poblaciones de fríjol con uno, dos y tres ciclos seguidos de siembra. Subestación experimental Líbano (Tolima) (Cenicafé, 1997).

| Distancia entre las zocas (m) | Plantas de fríjol/ha | Ciclos seguidos de fríjol y la producción en kg.ha ⁻¹ | |
|---------------------------------|----------------------|--|-------|
| | | Dos | Tres |
| 1,0 x 1,0 (un tallo/sitio) | 80.000 | 699,2 | 646,4 |
| | 120.000 | 668,4 | 661,7 |
| | 160.000 | 648,1 | 643,4 |
| | Café solo | 770,0 | 679,0 |
| 2,0 x 1,0 (dos tallos/sitio) | 80.000 | 486,9 | 481,2 |
| | 120.000 | 418,9 | 503,4 |
| | 160.000 | 450,4 | 551,8 |
| | Café solo | 487,4 | 551,8 |
| Media general | | 578,7 | 589,8 |
| Coeficiente de variación (%) | | 13,4 | |

cenicilla (*Erysiphe polygoni* D. C.), la cual se maneja fácilmente usando productos a base de azufre, sobre todo en las épocas de frecuentes precipitaciones.

Sistema de producción: frijol voluble (*Phaseolus vulgaris* L.) intercalado en lotes de café renovados por zoqueo

En los últimos años se ha observado en las zonas marginales altas de la zona cafetera, 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 (Figura 11.5), 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 Subestación Experimental El Rosario (Venencia, 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 (Figura 11.6). Aparte de esto, la siembra del frijol puede hacerse a los noventa 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, 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 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 11.18 y 11.19).



Figura 11.5. Zoca de café intercalado con frijol voluble.



Figura 11.6. Zoca de café intercalado con frijol voluble.

Tabla 11.18. 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. Subestación Experimental El Rosario. Venecia, Antioquia. (2006a) (Granada, 2006).

| Cultivar de maíz | Rendimiento de grano seco kg.ha (ajustado al 15 % de humedad) |
|-------------------------------|--|
| FNC-3054 | 7.081 a |
| ICA V-305 | 5.149 b |
| REGIONAL | 4.746 b |
| Media general | 5.658 |
| Coefficiente de variación (%) | 8,4 |

Tabla 11.19. 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. Subestación Experimental El Rosario (Venecia, Antioquia) (2006a) (Granada, 2006).

| Tutor | kg.ha ⁻¹ | Vainas/planta | Granos/vaina | g/100 granos |
|--------------|---------------------|---------------|--------------|--------------|
| 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 |
| C. de V. (%) | 15,0 | 16,8 | 6,0 | 8,2 |

Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* L.) intercalado con siembras nuevas de café

En siembras nuevas de café o en lotes renovados por zoca, es posible intercalar dos cosechas seguidas de tomate de mesa (Figura 11.7), con 35.000 plantas/ha, sin que se afecte la producción de café. En este sistema también deben manejarse los cultivos independientemente.

La producción media de tomate de primera en la Subestación Experimental Líbano (Tolima) fue de 25 t/ha, en un lote renovado por zoqueo (Tabla 11.20), lo cual muestra la posibilidad de generar ingresos adicionales con una buena producción, sin afectar la producción de café (Tabla 11.21). Este sistema de producción se logra sembrando los surcos de tomate en el centro de la calle del café (surcos alternos) y sin aporcar las plantas de tomate, lo cual aparte de ser un gasto innecesario, predispone el lote a la erosión.



Figura 11.7. Cultivo de tomate intercalado con siembras nuevas de café.

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 costos bajos por este concepto. Y de paso se saca un producto de calidad y con menos residuos de pesticidas.

Tabla 11.20. Producción de tomate (t/ha) de mesa intercalado en zocas de café con dos sistemas de siembra y dos sistemas de manejo del tomate. Subestación Experimental Líbano (Tolima) (Cenicafé, 1997).

| Distancias de las zocas de café (m) | Sistema de siembra del tomate | Sistema de manejo del tomate | Producción de tomate (t/ha) | |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|
| | | | Primera cosecha | Segunda Cosecha |
| 1,00 x 1,00 (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 |
| 2,00 x 1,00 (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 |
| Media general | | | 26,0 | 24,7 |
| Coeficiente de variación (%) | | | 11,6 | 13,0 |

Tabla 11.21. Producción de café (@ cps/ha) intercalado intercalado con tomate de mesa usando dos sistemas de siembra y dos sistemas de manejo. Subestación Experimental Líbano (Tolima) (Cenicafé, 1997).

| Distancias de las zocas de café (m) | Sistema de siembra del tomate | Sistema de manejo del tomate | Producción de café pergamino seco/ha | |
|-------------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------|
| | | | Cosechas | |
| | | | Primera | Acumulado |
| 1,00 x 1,00 (un tallo/sitio) | Surcos Alternos | Sin aporque | 307,5 | 1085,6 |
| | | Con aporque | 319,1 | 1010,0 |
| | Surcos Comunes | Sin aporque | 247,3 | 1034,2 |
| | | Con aporque | 295,8 | 1070,4 |
| 2,00 x 1,00 (dos tallos/sitio) | Surcos Alternos | Sin aporque | 243,7 | 827,9 |
| | | Con aporque | 266,6 | 887,0 |
| | Surcos Comunes | Sin aporque | 170,1 | 884,3 |
| | | Con aporque | 162,2 | 772,8 |
| Media general | | | 251,5 | 946,5 |
| Coeficiente de variación (%) | | | 14,8 | 14,5 |

Producción de plátano (*Musa sp.* Grupo AAB) intercalados con siembras nuevas de café (*Coffea arabica* L.)

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 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 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Anuario Estadístico 1996). 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 capita* año es de 68 kg, y es 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 *et al.*, 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 perecederos 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, pues la generación de empleo se estima en 142.515 empleos permanentes por año, es decir, estarían ocupadas 36.000 familias, en promedio, destinadas a las labores del cultivo en todo el país.

El mercado mundial de plátano es abastecido por los mismos países que proveen el banano. Dada la abundancia de la oferta (frente a una demanda y un precio relativamente estable), cada uno de los países exportadores impone un control sobre el volumen de sus exportaciones a fin de evitar la sobre oferta y la caída de los precios en los mercados internacionales.

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



Figura 11.8. Café intercalado con plátano en barreras.

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 (Figura 11.8), mostraron 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 seis años y se logra una productividad de un racimo por unidad productiva por año. De igual forma, se determinaron las distancias mínimas entre barreras a las que se debe sembrar el plátano para que no afecte la producción de café y con las cuales puede lograrse las mayores producciones de racimos por hectáreas, como otra forma de generar ingresos adicionales al café aprovechando el mismo lote con un cultivo semiperenne (Tabla 11.22).

Tabla 11.22. Sistema de producción de café intercalado con barreras de plátano en tres distancias de siembra del café (Moreno *et al.*, 2005).

| Distancia de siembra del café (m) | Distancia entre las barreras de plátano (m) | Surcos de café entre barreras | Unidades productivas de plátano/ha |
|-----------------------------------|---|-------------------------------|------------------------------------|
| 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 |

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 que es factible hacer rotación de los cultivos transitorios, con el fin de diversificar según las necesidades del caficultor, de

tal manera que puede rotarse entre maíz, frijol 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.