

Comparación de la incidencia de enfermedades del fruto en sistemas de producción de café orgánico y convencional*

Jorge Omar Samayoa-Juárez**
Vera Sánchez-Garita***

RESUMEN. Se evaluó la incidencia de enfermedades del fruto y su efecto sobre el rendimiento en un cafetal convencional (manejado con fertilizantes y plaguicidas sintéticos y sin sombra) y uno orgánico (con sombra y sin aplicación de insumos sintéticos), en dos fincas comerciales vecinas, situadas en Paraíso, Cartago, Costa Rica. Cada finca tenía siete o más años de mantener el sistema de producción utilizado actualmente. En cada finca se seleccionó una parcela de 1,5 ha, en la cual se seleccionaron 25 hileras al azar y en cada hilera se escogió aleatoriamente una planta. En cada planta se seleccionaron tres ramas plagiotrópicas, en las cuales se registró la incidencia de enfermedades en el fruto y el número de frutos por bandola, entre agosto de 1998 y febrero de 1999. Se midió el volumen de producción, el número total de frutos, la incidencia de cada enfermedad y el porcentaje de frutos vanos por planta. La incidencia de enfermedades del fruto antes de la cosecha y la incidencia total por planta fue mayor en el sistema de producción convencional. En ambos sistemas de producción, *Cercospora coffeicola* fue la enfermedad más importante. La pérdida de frutos antes de la cosecha también fue mayor en el cafetal con manejo convencional, causada principalmente por el ataque de *C. coffeicola*. El porcentaje de frutos vanos y enfermos también fue mayor en el cafetal con manejo convencional. El rendimiento por planta (promedio de dos cosechas) no mostró diferencias entre sistemas de producción. La incidencia de enfermedades del fruto y su impacto sobre la reducción del rendimiento por planta fue mayor en café manejado convencionalmente, siendo la principal enfermedad *C. coffeicola*.

Palabras clave: Café orgánico, Café convencional, Enfermedades del fruto, *Cercospora coffeicola*, Rendimiento, Enfermedades.

ABSTRACT Comparison of the incidence of fruit diseases in organic and conventional coffee production systems. The incidence of diseases on fruit and its effect on yield was evaluated on a conventional (management with fertilizers and synthetic pesticides, and without shade) and an organic (with shade and without application of synthetic inputs) coffee plantation, on two commercial neighboring farms, situated in Paraíso, Cartago, Costa Rica. Each farm has been employing the production systems currently used for seven or more years. On each farm a plot of 1.5 ha was selected, in which 25 furrows were selected at random and in each furrow a plant was chosen randomly. On each plant three plagiotropic branches were selected, on which the incidence of diseases of the fruit, and the number of fruits per branch was recorded, between August of 1998 and February of 1999. The volume of production, the total number of fruits, the incidence of each disease and the percentage of vain fruit per plant was measured. The incidence of diseases of the fruit before harvest and the total incidence per plant was higher in the conventional production system. With both production systems, *Cercospora coffeicola* was the most important disease. The loss of fruits before harvest was also greater on the conventional management coffee plantation, caused mainly by attack by *C. coffeicola*. The percentage of diseased vain fruit was also higher in the coffee plantation with conventional management. The yield per plant (average of two harvests) did not show differences between the management systems. The incidence of diseases on fruit and the impact on the reduction of yield per plant was greater on the coffee with conventional management, the principal disease being *C. coffeicola*.

Key words: Organic coffee, Conventional coffee, Fruit diseases, *Cercospora coffeicola*, Yield, Diseases.

* Parte de tesis de la tesis de Mag. Sci. del primer autor. Escuela de Posgrado, CATIE. Turrialba, Costa Rica.

** Facultad de Agronomía. Universidad de San Carlos. Ciudad de Guatemala, Guatemala. Correo electrónico: jorge_omar_s@catie.ac.cr

*** 7170 CATIE, Turrialba, Costa Rica. Correo electrónico: sanchezv@catie.ac.cr

Introducción

El sistema de producción de café convencional (con aplicación de insumos sintéticos y sin sombra) de cultivo de café es ampliamente utilizado en Costa Rica. Actualmente, del total del área sembrada, 40% está tecnificada y 50% semitecnificada (Rice 1996). Este sistema se basa en la siembra en altas densidades, con eliminación o reducción de la sombra y la utilización intensiva de insumos sintéticos externos. La elevada extracción de nutrimentos por las altas producciones ocasiona que los cafetales cultivados al sol tiendan a debilitarse más rápido (Rice 1996).

El mayor estrés ambiental y nutricional conduce al agotamiento del cultivo y puede predisponerlo al ataque de ciertas enfermedades como chasparria (*Cercospora coffeicola* Berk & Coke), antracnosis (*Colletotrichum* spp.) y *Corticium salmonicolor* (Beer *et al.* 1998, Fournier 1988, Nataraj y Subramanian 1975). Bajo estas condiciones, el ataque de enfermedades que afectan al fruto como *C. coffeicola* suele también ser más severo y causa pérdidas directas por caída de frutos y menor calidad del mismo (Fernández *et al.* 1966, Muschler 1997).

El sistema de producción orgánico es una alternativa al sistema convencional, que procura la sostenibilidad e incorpora mayor diversidad de componentes y reduce el uso de insumos sintéticos externos. El manejo de enfermedades se fundamenta en el estímulo, la defensa y utilización de los enemigos naturales, así como en el uso de prácticas de cultivo apropiadas, variedades resistentes, fertilización balanceada y el uso de sombra, entre otras (Figuroa *et al.* 1996).

Sin embargo, algunos componentes como la sombra podrían disminuir la producción y crear un ambiente microclimático propicio para el desarrollo de enfermedades que pueden llegar a ser más severas en cafetales manejados convencionalmente (bajo sol), especialmente, algunas destructivas como el ojo de gallo o gotera (*Mycena citricolor* Berk et Curt) (Beer *et al.* 1998). *M. citricolor* ataca, no sólo el follaje sino también los frutos, lo cual la convierte en una enfermedad potencialmente peligrosa, por su efecto directo en producción. El no utilizar plaguicidas en este sistema de producción también podría favorecer el incremento de las enfermedades en la plantación.

El objetivo de esta investigación fue evaluar la incidencia de enfermedades del fruto, en sistemas de producción de café orgánico y convencional, ambos en fincas comerciales en producción, así como determinar si el manejo afecta la incidencia de las enfermedades del fruto y el rendimiento por planta.

Materiales y métodos

Localización y características del área de estudio

La investigación se realizó en las fincas Cristina y Los Chiles, en Birrisito, cantón Paraíso, provincia de Cartago. El lugar se localiza a 09°51' N y 83°50' O, a 1300 msnm, con temperatura media de 17,1 °C y precipitación pluvial anual de 1780 mm. Los suelos son de origen volcánico, agrupados dentro de la subunidad geomorfológica Volcán Irazú. La topografía se caracteriza por lomas redondeadas sobre cenizas volcánicas recientes, con diferente grado de meteorización (Chinchilla 1987). Los suelos pertenecen al orden de los Andisoles, de buenas propiedades físicas, moderadamente fértiles, con altos contenidos de alofana que fija grandes cantidades de fósforo, la cual constituye su principal limitante (Bertsch 1995).

Sistemas de producción de investigación y procedimientos

Las características de los sistemas de producción convencional y orgánico son las mismas que las descritas por Samayoa-Juárez y Sánchez-Garita (2000).

Parcelas de muestreo

En cada sistema de producción se seleccionó una parcela de 1,5 ha. Dentro de las parcelas se seleccionaron al azar 25 hileras de 100 m de longitud y dentro de cada hilera una planta al azar. En cada planta se seleccionaron 3 ramas plagiotrópicas (bandolas), distribuidas en el estrato inferior, medio y superior. La unidad de muestreo estuvo constituida por una planta. El tamaño de muestra fue de 25 plantas por sistema de manejo, el cual se determinó mediante un muestreo al azar, considerando las variables que serían incluidas en el estudio. Para el cálculo se usó la siguiente fórmula (Krebs 1994):

$$n = \left(\frac{t S}{d} \right)^2$$

donde: n = tamaño de la muestra
t = estadístico "t" de student
s = desviación estándar de la variable
d = Error absoluto requerido

El error máximo permitido fue 15% del valor de la media para todas variables consideradas en ese momento.

Las plantas y ramas fueron marcadas con banderines y cintas plásticas, respectivamente, para facilitar su ubicación dentro de las parcelas y llevar la secuencia sobre las mismas durante todo el período de muestreo.

VARIABLES DE RESPUESTA

Sobre las bandolas marcadas se registró el número de frutos por bandola y la incidencia de enfermedades del fruto antes de la cosecha (entre agosto y noviembre de 1998). Al momento de la cosecha se midió el volumen (rendimiento), número total de frutos, incidencia de cada enfermedad y frutos vanos por planta.

ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Las variables incidencia de cada enfermedad, incidencia total, fruto vano y rendimiento por planta en cada sistema de manejo fueron comparados mediante las pruebas F y Mann-Whitney. Se realizó correlación entre el número de frutos por bandola y la incidencia de cada enfermedad en las mismas.

Resultados

INCIDENCIA DE ENFERMEDADES DEL FRUTO ANTES DE LA COSECHA

Antes de la cosecha los frutos fueron atacados por *C. coffeicola*, *M. citricolor* y *Colletotrichum* spp. La enfermedad más importante fue *C. coffeicola*, ya que las otras dos tuvieron una incidencia muy baja (< de 0,3%). Antes de iniciar la cosecha, la incidencia de *C. coffeicola* en el fruto fue mayor en el sistema de producción convencional ($p=0,001$); determinándose una incidencia de 19%, mientras que en el orgánico fue de 3,9% (Fig. 1).

Al igual que en el follaje, algunos factores como la producción, la sombra y el contenido de ciertos elementos como el potasio en la planta, influyen sobre la incidencia de *C. coffeicola* en el fruto (Muschler 1997, Nataraj y Subramanian 1975, Somarriba *et al.* 1995, Valencia 1998).

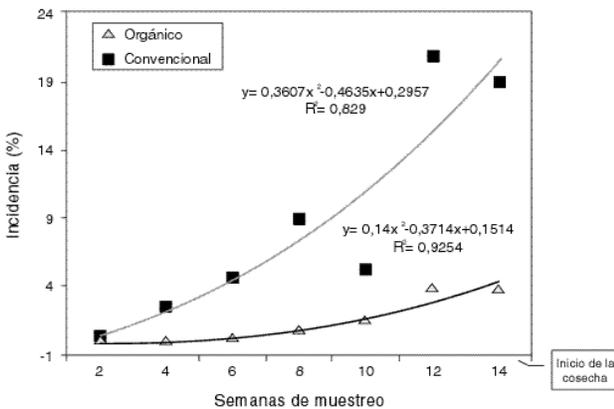


Figura 1. Desarrollo de la incidencia de *C. coffeicola* (n=25 plantas) en el fruto antes de la cosecha en sistemas de producción de café orgánico y convencional. Paraíso, Cartago, Costa Rica. 1998-1999.

El bajo nivel de sombra en la plantación con manejo convencional (entre 0 y 30%) es uno de los principales factores que inciden sobre la alta incidencia de *C. coffeicola*. Esta enfermedad es típica de los cafetales con poca sombra (Zambolim *et al.* 1996). Sin embargo, la alta producción, que también es estimulada por alta luminosidad y la mala nutrición pueden acentuar el problema. Este último puede hacerse más evidente en sistemas de producción de café convencionales, debido a que en éstos las producciones son normalmente altas y extraen altas cantidades de nutrientes. En el siguiente acápite se discute con más detalle los factores que podrían explicar el comportamiento de esta variable.

C. coffeicola acelera la maduración de los frutos atacados y puede causar su caída antes de la cosecha (Zambolim *et al.* 1996). Este problema fue más evidente en el cafetal con manejo convencional.

CAÍDA DE FRUTOS ANTES DE LA COSECHA

Al inicio de los muestreos, el promedio de frutos por bandola fue de 32,8 y 30,6 en café con el sistema convencional y orgánico, respectivamente. Conforme maduraron los frutos, las bandolas fueron perdiendo algunos de ellos. Esta pérdida fue mayor en café manejado convencionalmente; al inicio de la cosecha la pérdida promedio por bandola en este sistema fue de 5,48 frutos mientras en el sistema orgánico fue de 2,24 frutos por bandola (Fig. 2).

Si se considera que la cantidad de frutos caídos por bandola representa el comportamiento en toda la planta, esto implica que al inicio de la cosecha las plantas del cafetal manejado convencionalmente ha-

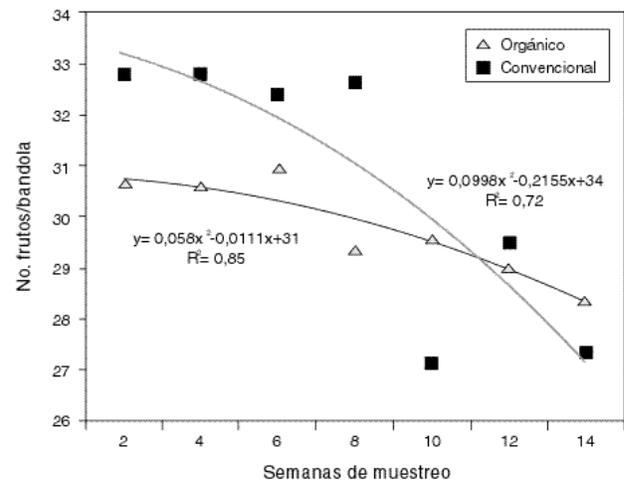


Figura 2. Promedio de frutos por bandola (n=25) en plantas de café en sistemas de producción orgánico y convencional, conforme maduran los frutos. Paraíso, Cartago, Costa Rica. 1998-1999.

bían perdido el 17% de su producción total, mientras que en el cafetal orgánico habían perdido 7%.

En ambos sistemas, el número de frutos en las bandolas mostró correlación negativa con la incidencia de *C. coffeicola* en los frutos (Fig. 3) (orgánico: $r = -0,88$ $p=0,0001$; convencional: $r=-0,59$, $p= 0,02$).

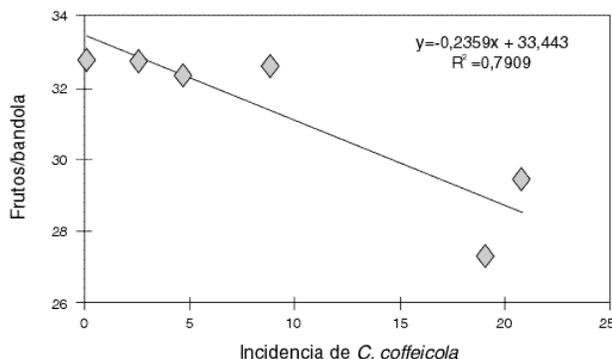


Figura 3. Relación entre el número de frutos por bandola y la incidencia de *C. coffeicola*, en el sistema de producción convencional. Paraíso, Cartago, Costa Rica. 1998-1999.

Incidencia de enfermedades en frutos cosechados

Muchos frutos se caen antes de la cosecha por efecto de las enfermedades, principalmente afectados por *C. coffeicola* en una etapa muy temprana. Sin embargo, todos los frutos enfermos que se mantienen en la planta son cosechados. Las tres enfermedades que se determinaron en frutos cosechados fueron: *C. coffeicola*, *Colletotrichum spp.* y *M. citricolor*.

Hubo mayor incidencia de enfermedades en frutos cosechados en el sistema de producción de café convencional (Fig. 4), lo cual coincide con el desarrollo que mostraron las enfermedades del fruto. La incidencia total por planta fue 25,7 y 43,5% en el sistema

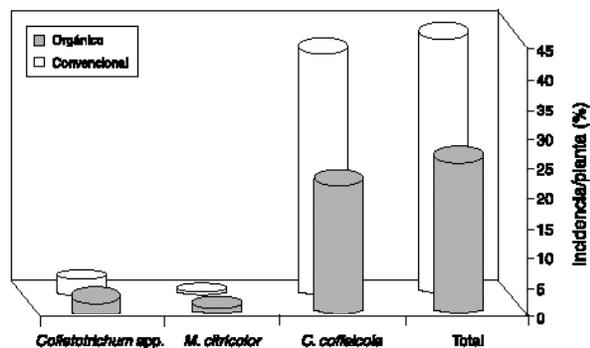


Figura 4. Incidencia de enfermedades del fruto por planta (n=25) en sistemas de producción de café orgánico y convencional. Paraíso, Cartago, Costa Rica. 1998-1999.

orgánico y convencional, respectivamente, determinando diferencias significativas entre sistemas de producción ($p=0,0001$).

Esto sugiere que muchos de los frutos se pierden a causa de esta enfermedad. Fernández *et al.* (1966) informaron una relación semejante entre la incidencia de *C. coffeicola* y la pérdida de frutos.

Entre los factores determinantes para la incidencia de *C. coffeicola* en el fruto están la alta producción, bajos niveles de sombra e inadecuada nutrición de la planta. Debido a que el sistema de producción convencional busca altas producciones y una reducción de la sombra, se procura manejar la enfermedad a través del otro factor, la nutrición. Por ejemplo, Ramírez *et al.* (1997) determinaron que la incidencia de *C. coffeicola* se redujo con respecto a un testigo, aplicando 250 Kg de K_2O /ha/año. Fernández *et al.* (1966) encontraron que la aplicación de 60 g de fertilizante de la fórmula 12-12-17-2 por planta redujo la pérdida de frutos de 21,8 a 8,3%.

En la plantación con manejo convencional se aplicó aproximadamente 510 kg/ha (aproximadamente 78 g/planta) de fertilizante fórmula 18-5-15-6-2. Sin embargo, a pesar de que no se pudo determinar la respuesta al fertilizante, es claro que la incidencia y las pérdidas de frutos se mantuvieron altas.

Otro factor que puede estar relacionado a este fenómeno, es la población de nematodos, la cual fue más alta en el cafetal con manejo convencional (Samayoa-Juárez 1999). Kumar y Samuel (1990) mencionan que uno de los daños ocasionados por nematodos es la reducción de la respuesta de la planta a la fertilización. Por tanto, estos organismos pueden estar afectando la absorción de nutrientes y favorecer la mayor incidencia de *C. coffeicola* y la pérdida de los frutos en el sistema convencional.

Por el contrario, en la plantación manejada orgánicamente se determinó la menor incidencia y pérdida de frutos, a pesar de tener una producción similar al cafetal manejado convencionalmente (Fig. 7), lo cual podría ser explicado por una mayor cantidad de sombra y un mejor aprovechamiento de nutrientes por parte de las plantas debido a un menor daño de la raíz causado por nematodos.

De las tres enfermedades del fruto, *C. coffeicola* fue la más importante con una incidencia por planta de 21,9% en el cafetal con manejo orgánico y 40,9% en el manejo convencionalmente (Fig. 4), determinándose diferencias significativas ($p=0,0001$) entre los sistemas de producción. La incidencia por planta de

Colletotrichum spp. y *M. citricolor* no mostró diferencias significativas entre sistemas ($p=0,79$ y $p=0,2489$).

Según Jaramillo *et al.* (1988), *C. coffeicola* puede afectar la totalidad de la cosecha. Zambolim *et al.* (1996) señala que esta enfermedad produce pérdidas hasta de 30% de la producción en cafetales a plena exposición solar.

No obstante, es importante señalar que aunque la incidencia sea alta, no implica necesariamente que se produzcan pérdidas, debido a que en muchos frutos el daño provocado por el hongo es mínimo. Sin embargo, en este caso, la incidencia total en el fruto cosechado está directamente relacionada con el porcentaje de frutos vanos y enfermos ($r=0,83$, $p=0,0001$) que representan pérdidas durante el beneficiado. Estas pérdidas ocurren debido a frutos momificados, frutos que mantienen parte de la pulpa adherida al grano (grano media cara) y frutos inmaduros que provienen de ramas secas (Zuluaga 1990).

Frutos vanos

Como se mencionó anteriormente, las enfermedades están directamente relacionadas con el porcentaje de frutos vanos y enfermos que producen pérdidas durante el beneficiado. En este estudio se consideraron únicamente estos frutos como indicador de este efecto. Estos frutos enfermos que flotan durante el beneficiado en húmedo, son frutos momificados, principalmente atacados por *C. coffeicola* y frutos inmaduros provenientes de bandolas debilitadas por las enfermedades o la alta producción de la planta (Zuluaga 1990).

El porcentaje de frutos vanos y enfermos fue mayor en el sistema de producción convencional ($p=0,0489$), mientras que el de vanos no enfermos (con una o dos cavidades vacías) fue superior en el sistema orgánico ($p=0,0302$) (Fig. 5).

El fruto vano y enfermo normalmente es desechado durante el beneficiado o vendido como café de menor calidad y por tanto, a menor precio, por lo cual las pérdidas debidas al ataque de enfermedades del fruto fueron mayores en el cafetal con manejo convencional. El fruto vano no enfermo aunque produce pérdidas, al menos uno de los granos es aprovechado. Además, la diferencia en el porcentaje de fruto vano no enfermo es 0,5% mayor en el sistema orgánico, mientras que en fruto vano enfermo la diferencia es 3,3% mayor en café con manejo convencional.

Tamaño del fruto

El tamaño promedio de los frutos, calculada a partir del volumen de producción por planta y número de granos por planta fue de 1,31 y 0,95 cc/fruto en siste-

mas de producción de café orgánico y convencional, respectivamente. Esto indica un mayor tamaño del fruto en el café manejado orgánicamente.

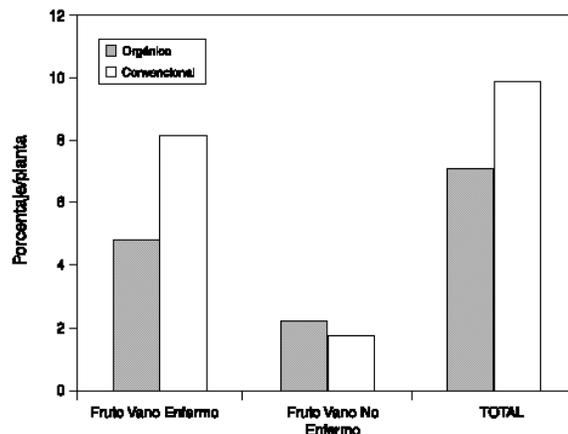


Figura 5. Porcentaje de fruto vano total, vano y enfermo y vano no enfermo ($n=25$) en sistemas de producción orgánico y convencional. Paraíso, Cartago, Costa Rica. 1998-1999.

Aldazábal y Alarcón (1994), determinaron mayor tamaño de fruto en plantaciones bajo sombra con respecto a plantaciones a pleno sol, señalando que esto puede deberse a un efecto térmico. Debido a que los frutos son fuertes extractores de carbohidratos durante su crecimiento y las hojas disminuyen la producción de carbohidratos a temperaturas foliares superiores a 25 °C, esto se manifiesta como un menor tamaño de los frutos, en cafetales con poca sombra. Según Valencia (1998), se requieren de 1,6 hojas con un área foliar de 25 cm² para producir un grano de café pergamino seco de 0,22 g. En años de alta producción, la relación entre el área foliar y el número de frutos se reduce, a tal grado que la cantidad de follaje de la planta no es capaz de atender adecuadamente la demanda de los frutos, lo cual también se traduce en un menor tamaño del mismo.

Kumar y Samuel (1990), señalan que los nematodos también pueden ser responsables de una reducción en el tamaño del fruto. La información anterior sugiere que en el sistema de producción orgánico la mayor cantidad de sombra, mayor cantidad de follaje por bandola y poblaciones más bajas de nematodos, influyen sobre un mayor tamaño del fruto.

Esta característica se manifiesta en la calidad física del grano. En la figura 6 se muestra la clasificación de los granos según su tamaño, para ambos sistemas de producción. Un mayor porcentaje de grano del café orgánico que quedó retenido en la zaranda 17/64

(grano de primera), y el porcentaje de grano caracol fue menor que en la plantación manejada convencionalmente. Resultados similares fueron informados por Muschler (1997) en una investigación en cafetales bajo sol y cafetales con sombra, determinando mayor tamaño del grano en las parcelas con los mayores porcentajes de sombra.

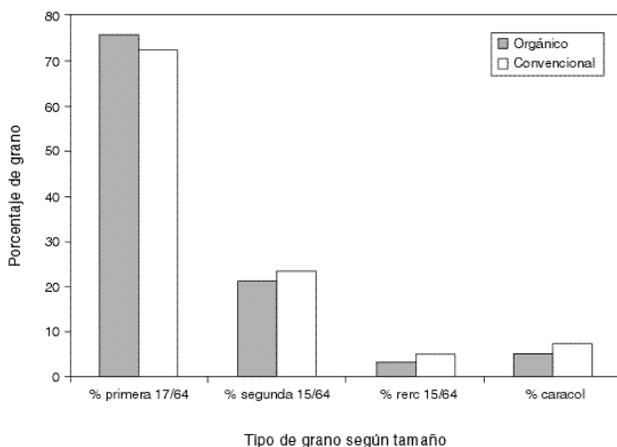


Figura 6. Porcentaje de grano retenido en zarandas 17/64 y 15/64 de pulgada, y porcentaje de grano caracol (n=1), en sistemas de producción de café orgánico y convencional. Paraíso, Cartago, Costa Rica. 1998-1999.

Rendimiento

El rendimiento por planta no mostró diferencias significativas entre sistemas de producción, al comparar el promedio de dos cosechas ($p=0,192$) (Fig. 7). En la cosecha 98-99 no se observaron diferencias entre los sistemas de producción; sin embargo, en la siguiente (1999-2000) el cafetal con manejo orgánico presentó mayor rendimiento de acuerdo con la estimación hecha ($p=0,00583$) (Fig. 7).

En ambos sistemas se observó la bianualidad de la producción que se ha señalado para plantaciones de café, caracterizada por años de producción alta seguida por la reducción en el rendimiento en el año siguiente (Muschler 1999). La bianualidad, según Segura-Monge (1996), se debe a un desequilibrio en la relación entre el área foliar y la cantidad de frutos. Se requieren 20 cm² para atender las necesidades nutricionales de cada fruto sin afectar el crecimiento vegetativo de la planta. (Canell 1974).

Sin embargo, en el cafetal con manejo orgánico el efecto de la bianualidad fue menos acentuado. Segura-Monge (1996) indica que el agotamiento de las plantas, relacionado con la alta producción, puede ser acentuado por factores bióticos y abióticos. Por lo tan-

to, este agotamiento puede ser disminuido mediante prácticas que reduzcan el estrés ambiental, causado por temperaturas extremas y falta de agua, entre otras. En el cafetal con manejo orgánico existen varios factores que reducen el estrés de las plantas, entre ellos más sombra, menor acidez, menor ataque de *C. coffeicola* y menor población de nematodos, lo cual podría explicar el efecto menos marcado de la bianualidad en este sistema.

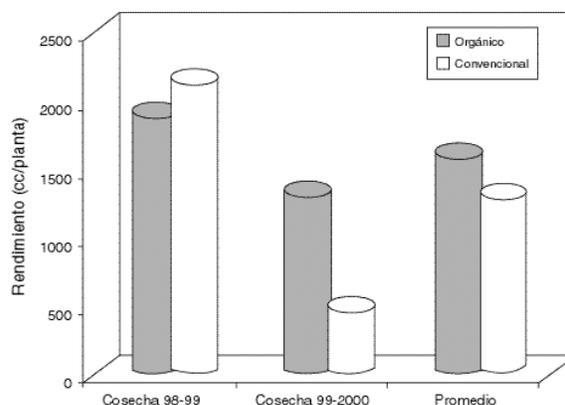


Figura 7. Rendimiento de cafetos (n=25) en sistemas de producción orgánico y convencional durante dos cosechas. Paraíso, Cartago. 1998-1999.

En Costa Rica se han realizado experimentos para comparar el rendimiento de café en sistema de producción convencional y orgánico (Alpizar 1997, Arias 1997, Campos 1997, Fonseca *et al.* 1997, Ramírez 1997). En esas investigaciones, el café con manejo convencional mostró mayor rendimiento que el orgánico. Sin embargo, los datos corresponden a cafetales recién transformados a orgánicos, donde la producción normalmente es baja.

En esta investigación, el cafetal orgánico tenía siete años de ser manejado según este enfoque y por tanto, la producción ha alcanzado cierta estabilidad. El cafetal con manejo convencional también es una plantación con al menos siete años y podría mostrar una reducción en el rendimiento debido al agotamiento de la plantación. Sin embargo, es difícil hacer conclusiones a partir de dos cosechas, y sería importante continuar evaluando cada sistema de manejo.

A pesar de esto, se ha encontrado que en sistemas de producción orgánicos pueden llegar a producir hasta 75% de la producción obtenida en cafetales convencionales, y en ciertos casos, algunas fincas con manejo orgánico producen más que aquellas con manejo convencional (Lyngbaek *et al.* 1999).

Conclusiones

La incidencia de enfermedades del fruto fue mayor en el sistemas de producción convencional. En ambos sistemas, la enfermedad más importante fue *C. coffeicola*. La pérdida de frutos antes de la cosecha fue mayor en el cafetal con manejo convencional y mostró correlación con la incidencia de *C. coffeicola*. La incidencia en el fruto cosechado por planta también fue mayor en el cafetal con manejo convencional, lo cual incidió

Literatura citada

- Aldazábal Romero, M.; Alarcón Méndez, O. 1994. Fisiología del café en condiciones de montaña. 3. Influencia del sol y la sombra en el crecimiento del fruto. *Centro Agrícola* 21(3):5-9
- Alpizar Saborío, JM. 1997. Estudio de tres sistemas de producción de café. *In* ICAFE. Informe anual de labores 1996. Heredia, Costa Rica, ICAFE-CICAFE. p. 179-181.
- Arias Vargas, JE. 1997. Estudio de tres sistemas de producción de café. *In* ICAFE. Informe anual de labores 1996. Heredia, Costa Rica, ICAFE-CICAFE. p. 189-191.
- Beer, J; Muschler, R; Kass, D; Somarriba, E. 1998. Shade management in coffee and cacao plantations. *Agroforestry Systems* 38:139-164.
- Bertsch, F. 1995. Fertilidad de suelos y su manejo. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. 157 p.
- Campos Campos, E. 1997. Estudio de tres sistemas de producción de café. *In* ICAFE. Informe anual de labores 1996. Heredia, Costa Rica, ICAFE-CICAFE. p. 183-184.
- Canell, MGR. 1974. Factors affecting arabica coffee beans size in Kenya. *Journal of Horticultural Sciences* 49:65-76.
- Chinchilla, E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, San José Costa Rica. p. 175-178.
- Fernández-Borrero, O; Mestre Mestre, A; López Duque; S. 1966. Efecto de la fertilización en la incidencia de la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en frutos de café. *Cenicafé* (Colombia) 17(1):5-16.
- Figuerola Zeballos, R; Fischersworrning Hömberg, B; Roskamp Ripken, R. 1996. Guía para la caficultura ecológica. Lima, Perú, Novella Publigráf S.R.L. 171 p.
- Fonseca Castro, C; Rodríguez Calderón, G; Obando Jiménez, JJ. 1997. Estudio de tres sistemas de producción de café. *In* ICAFE. Informe anual de labores 1996. Heredia, Costa Rica, ICAFE-CICAFE. p. 193-194.
- Fournier, LA. 1988. El cultivo del café (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: Un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense* 12(1):131-146.
- Jaramillo R, LA; Leguizamón C, J; Cadena G, G. 1988. Enfermedades del café. *In* Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Tecnología del cultivo del café. 2. ed. Caldas, Colombia. p. 157-169.
- Krebs, CJ. 1994. *Ecological methodology*. 2 ed. California, USA, Addison Wesley Longman. 620 p.
- Kumar, AC; Samuel, SD. 1990. Nematodes attacking coffee and their management: A review. *Journal of Coffee Research* 20(1):1-27.
- Lyngebaek, AE; Muschler, RG; Sinclair, FL. 1999. Productivity, labour and variable costs of organic versus conventional coffee smallholdings in Costa Rica. *In* Semana Científica CATIE (4, 1999, Turrialba, Costa Rica). Logros de la Investigación para el Nuevo Milenio. Actas Turrialba, C.R., CATIE. p. 216-219.

en una mayor pérdida de frutos (frutos vanos) en este sistema. El rendimiento por planta (promedio de dos cosechas) no mostró diferencias entre los sistemas de manejo.

Agradecimientos

A Ernest Carman y Anselmo Solano por facilitar en sus fincas. A Manrique González por su ayuda en la etapa de campo.

- Muschler, RG. 1997. Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. *In* Simposio Latinoamericano de Caficultura (18, 1997, San José, Costa Rica). Memorias. San José, C.R., IICA-PROMECAFE. p. 157-162. (Serie de ponencias, resultados y recomendaciones de eventos técnicos. No. A1/SC-97-05).
- Muschler, RG. 1999. Shade benefits production and vigor of *Coffea arabica* L. in sub-optimal coffee zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems*. (submitted)
- Nataraj, T; Subramanian, S. 1975. Effect of shade and exposure on the incidence of brown-eye-spot of coffee. *Indian Coffee* 39(6):179-180.
- Ramírez, LG. 1997. Estudio de tres sistemas de producción de café. *In* ICAFE. Informe anual de labores 1996. Heredia, Costa Rica, ICAFE-CICAFE. p. 185-187.
- Ramírez, LG; Mora Ramírez, M; Montenegro, J; Vargas, AL. 1997. Efecto de diferentes niveles de potasio sobre la producción de café y la incidencia de enfermedades. *In* Simposio Latinoamericano de Caficultura (18, 1997, San José, Costa Rica). Memorias. San José, C.R., IICA-PROMECAFE. p. 219-222.
- Rice, R. 1996. Coffee modernization and ecological changes in northern Latin America. *Tea & Coffee Trade Journal*. 168(9):104-113.
- Samayoa-Juárez, J.O. 1999. Desarrollo de enfermedades en café bajo manejo orgánico y convencional en Paraíso, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 65 p.
- Samayoa-Juarez, JO; Sánchez Garita, V. 2000. Enfermedades foliares en café orgánico y convencional. *Manejo Integrado de Plagas* (Costa Rica) 58:9-19.
- Segura-Monge, A. 1996. Algunas consideraciones agrofisiológicas en relación a la poda de los cafetos: Experiencias con cafetales con alta densidad de siembra. *In* Simposio Internacional sobre Café Adensado (1994, Londrina, Brasil). Anais, Londrina, IAPAR. p. 199-220.
- Somarriba B, G; Monterroso G, D; Gutiérrez G, J. 1995. Epidemiología de la mancha de hierro del café (*Cercospora coffeicoa* Berk & Cooke) en las regiones norte y pacífico de Nicaragua. *In* Simposio sobre Caficultura Latinoamericana (16, 1993, Managua, Nicaragua). Memoria. Tegucigalpa, Honduras, IICA-PROMECAFE. v.1 p. irr.
- Valencia, A.G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. Instituto de la potasa y el fósforo, Quito, Ecuador. 61 p.
- Zambolim, L; Chaves, GM; Do Vale, FXR; Pereira, AA. 1996. Manejo integrado das doenças do cafeeiro em cultivo adensado. *In* Simposio Internacional sobre Café Adensado (1994, Londrina, Brasil). Anais. Londrina, IAPAR. p. 151-182.
- Zuluaga, J. 1990. Los factores que determinan la calidad del café verde. *In* Federación Nacional de Cafeteros. 50 años de Cenicafé 1938-1988: Conferencias Conmemorativas. Chinchiná, Caldas, Colombia. CENICAFE. p. 167-183.