

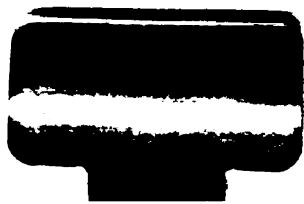
XIX Simposio Latinoamericano de **Caficultura**



# Memoria

del 2 al 6 de octubre - San José - Costa Rica





**IICA**  
BIBLIOTECA VENEZUELA \*  
\* 2 - MAYO 2002 \*  
**RECIBIDO**

IICA  
BIBLIOTECA VENEZUELA  
29 NOV. 2007  
RECIBIDO

00002225

XIV

Simposio Latinoamericano de Caficultura



IICA  
BIBLIOTECA VENEZOLANA  
= 2 - MAYO 2002  
RECIBIDO



# Memoria

del 2 al 6 de octubre - San José - Costa Rica

**Icafe**  
Instituto del Café de Costa Rica

  
FOMECAFE

IIICA  
Queret  
2000

## **XIX SIMPOSIO LATINOAMERICANO DE CAFICULTURA MEMORIA**

Serie de ponencias, resultados y recomendaciones de eventos técnicos  
San José, Costa Rica  
Octubre 2000

Autor: IICA/PROMECAFE-ICAFE  
Coordinación Editorial: ICAFE  
Compiladores: Echeverri Jorge  
Zamora Luis  
Diagramación electrónica: Editorama S.A.  
Diseño de portada: Editorama S.A  
Impresión offset: Editorama, S.A.

3011570

641.3373  
S612 m

Simposio Latinoamericano de Caficultura (19a.: 2000:  
San José, Costa Rica). Memorias. --1a. edi. -- San José,  
C.R.: ICAFE: IICA/PROMECAFE, 2000.  
Comp. M.B.A. Luis Zamora, MSc. Jorge Echeverri.  
530 p. : il , 25 cm. - (Serie Memorias)

ISBN 9977-55-024-7

1. Café-América Latina 2. Café-Enfermedades y Pla-  
gas 2. Café-Congresos, Conferencias, etc. 4. Café-Cultivo.  
I. Título

### **Instituto del Café de Costa Rica**

Las ideas y planteamientos de las conferencias y artículos técnicos presentados en esta Memoria, son propios de los autores y no necesariamente representan el criterio del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura-IICA y el Instituto del Café de Costa Rica. Todos los documentos contenidos son reproducción idéntica de la presentada por los autores o expositores, en cuanto su contenido y redacción. Pueden ser reproducidos o citados dando el crédito correspondiente a sus autores, al PROMECAFE y al ICAFE de Costa Rica

**Hecho el depósito de ley**



**Comité científico del XIX Simposio Latinoamericano  
de Caficultura**

*Ing. Agr. Eliécer Campos Campos*

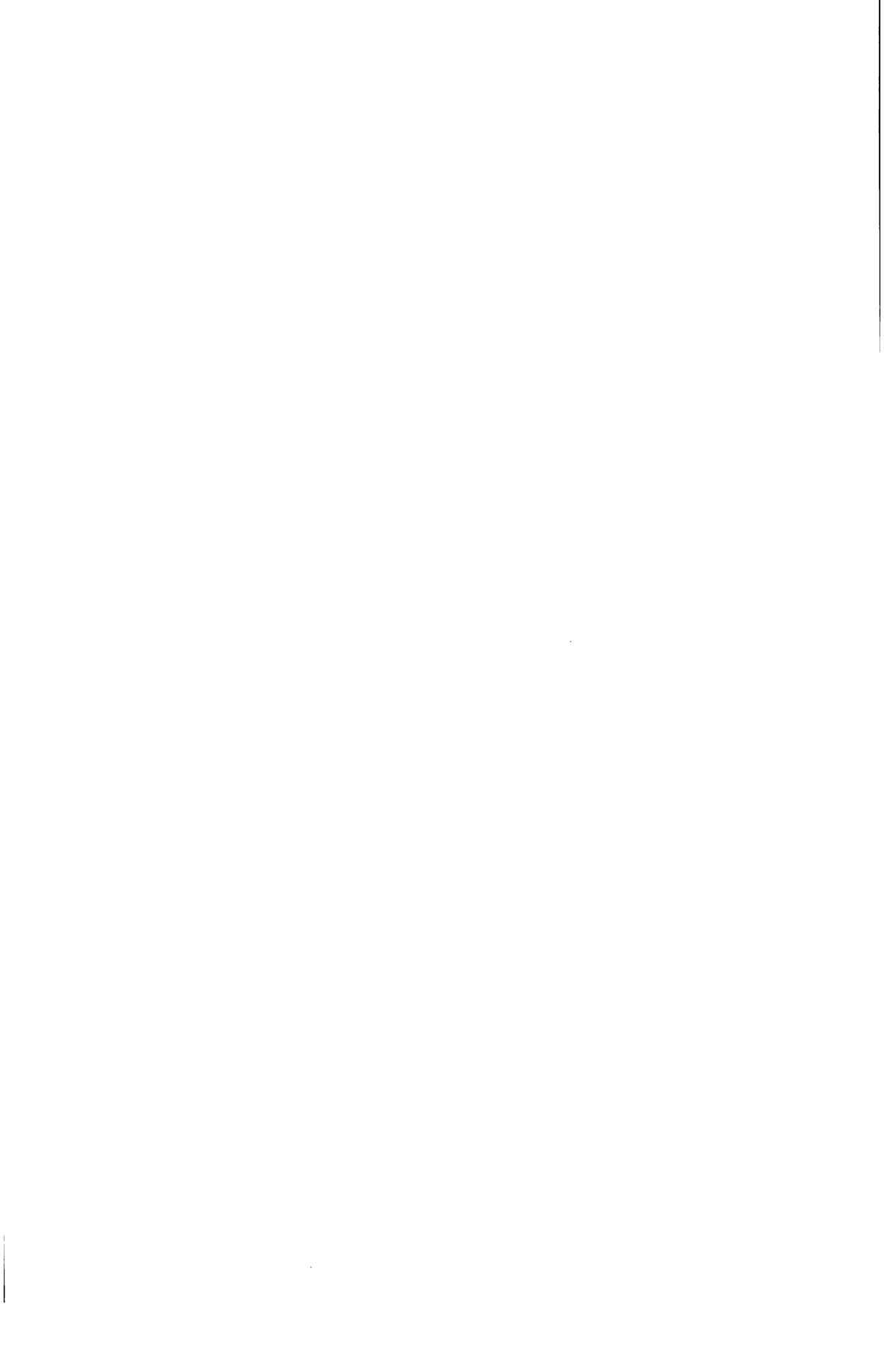
*Ing. Agr. Bernal Cisneros Durán*

*Ing. Agr. Carlos Mario Rodríguez Solís MSc.*

*Ing. Agr. Víctor Chaves Arias*

*Ing. Agr. Olger Borbón Martínez PhD.*

*Ing. Agr. Luis E. Zamora Quirós MBA*





---

# Tabla de Contenido

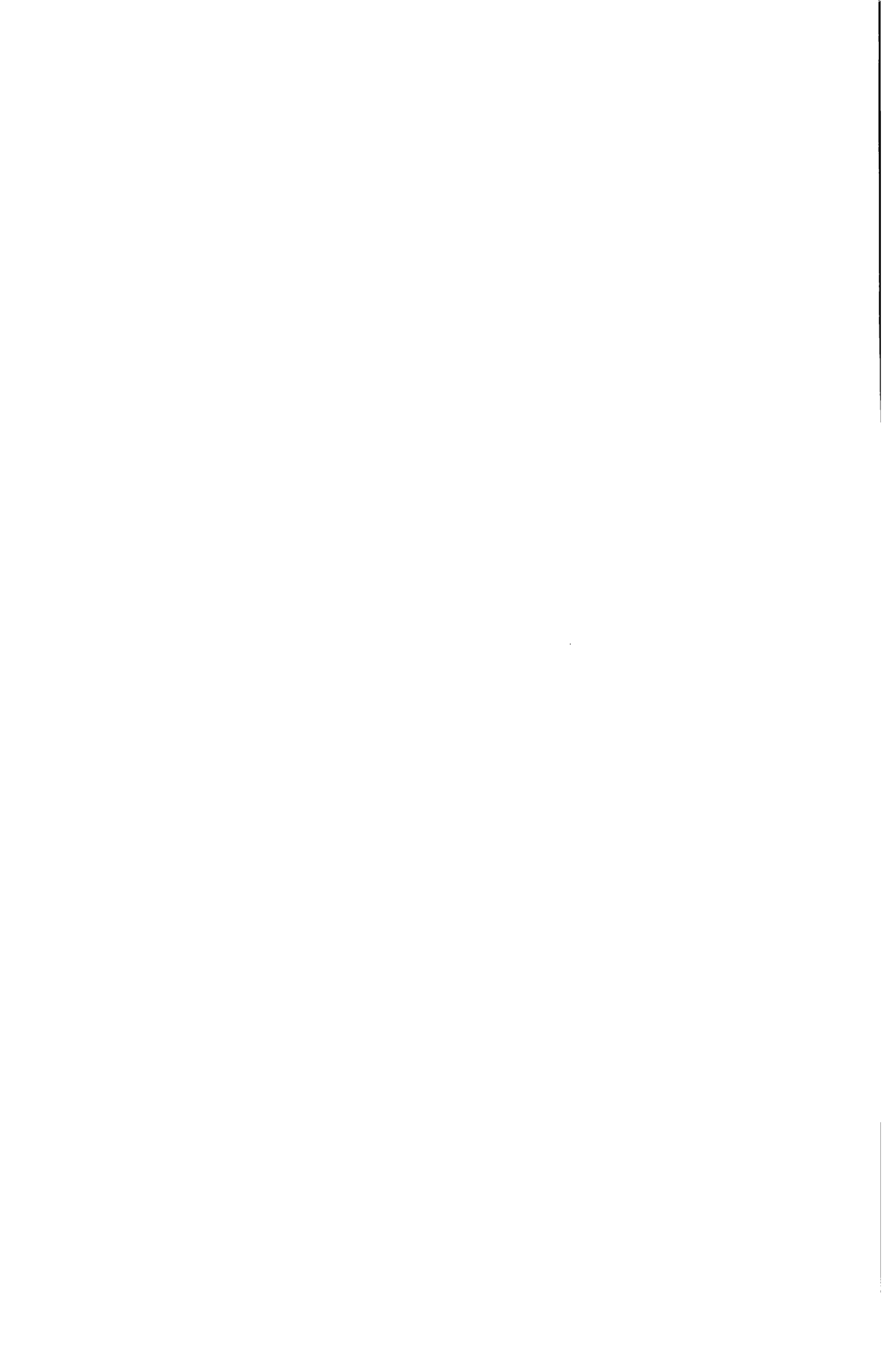
Presentación .....	ix
Introducción .....	xi
Índice de trabajos .....	xiii

## **I. Conferencias Magistrales..... 1**

## **II. Trabajos de Investigación..... 87**

Índice de autor .....	509
-----------------------	-----

---



## PRESENTACIÓN

*La coyuntura actual del mercado internacional del café pone a los caficultores en la necesidad de bajar al máximo sus costos de producción y a la vez obtener café de mejor calidad. La presión mundial creciente para bajar el impacto ambiental de las actividades antrópicas/tales como las actividades agrícolas, así como la demanda creciente de productos orgánicos o provenientes de una agricultura respetuosa del medio ambiente (aspecto de suma importancia para un producto como el café confrontado a un mercado cada vez más competitivo debido a la sobreoferta) obligan a reconsiderar el modo de aplicación de sistemas integrados de manejo del cultivo. La cooperación técnica del Promecafé a través de sus países socios, el IICA y el CATIE ha venido efectuando desde 1980 este simposio con el fin de contribuir al proceso de modernización y transformación productiva de la caficultura, la cual es una necesidad en los países en los que este cultivo constituye un factor muy importante en el campo económico y social.*

*Hoy con gran satisfacción presento la memoria del XIX Simposio que contiene los informes de las sesiones de trabajo y las conferencias magistrales que se expondrán a partir de hoy y mientras dure esta actividad.*

*Este simposio reafirmará los objetivos de compartir los resultados de las investigaciones fortaleciendo las relaciones científicas, técnicas y profesionales de las instituciones presentes en este Simposio, que contribuirán al desarrollo sostenido de este cultivo, siempre dentro del marco de conservación de los Recursos Naturales y de defensa del medio ambiente. Es importante destacar y reconocer el aporte, la dedicación y el esfuerzo en la coordinación para el desarrollo del evento del Instituto del Café de Costa Rica, además de felicitar a esta Institución porque precisamente con este Simposio decidió celebrar sus 50 años de investigación en café, con resultados que han beneficiado no solo a este país sino también a los restantes países del Promecafé.*

*Aprovecho también para felicitar al ICAFE por haber tomado la decisión de dedicar esta importante actividad técnica al Ingeniero Víctor Manuel Pérez Solano, quien con su dedicación por tantos años a la caficultura se ha constituido en un impulsor de la actividad cafetalera de Costa Rica.*

**Ingeniero Guillermo Canet Brenes**  
Secretario Ejecutivo PROMECAFE  
Guatemala, octubre, 2000



## INTRODUCCIÓN

*El XIX Simposio Latinoamericano de Caficultura representa para Costa Rica y la región un evento de especial relevancia e importancia.*

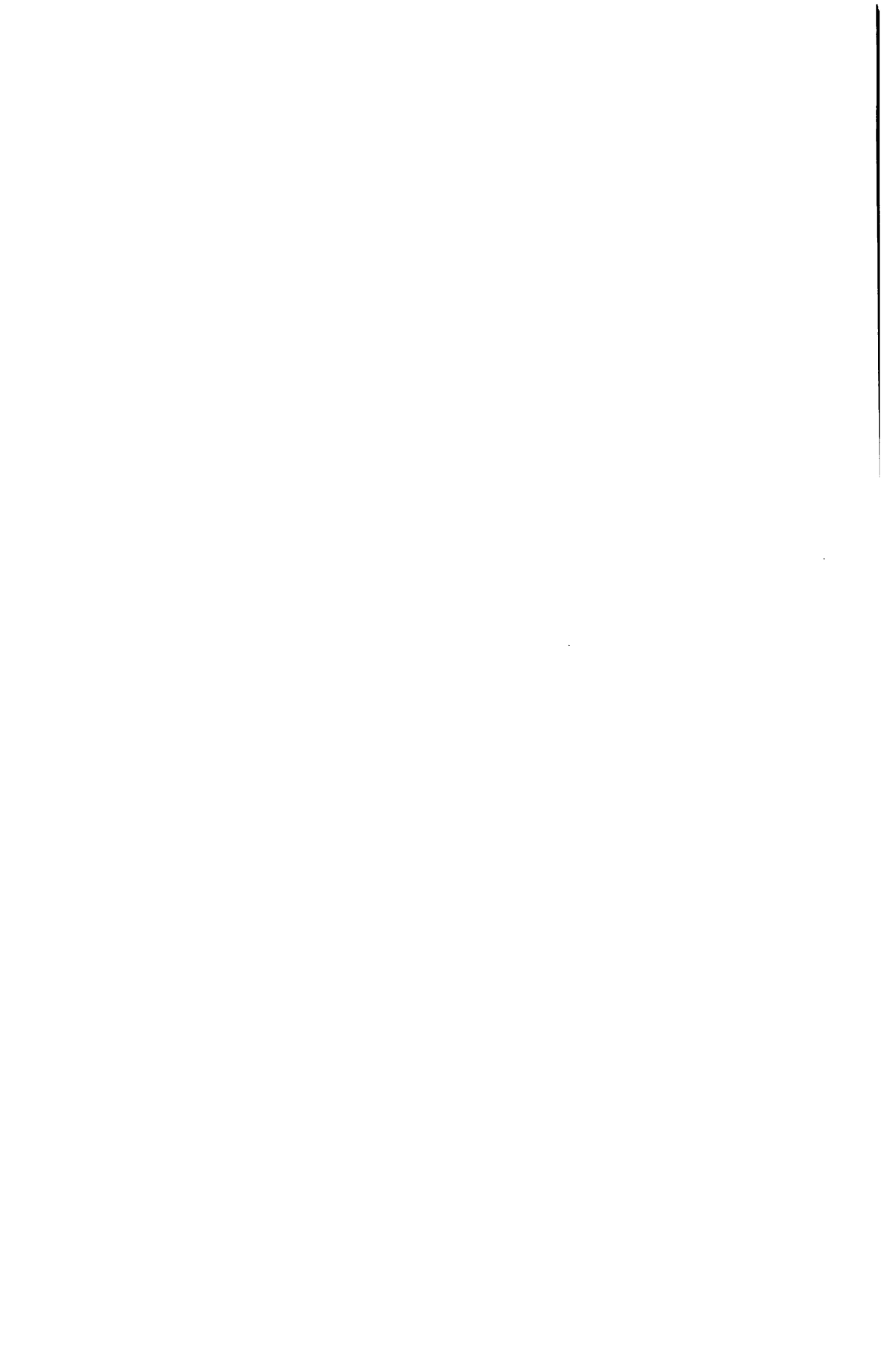
*En esta actividad se conmemora el “Cincuenta Aniversario de Investigación y Transferencia de Tecnología en Café” en Costa Rica, en la cual el Instituto del Café ha sido su principal promotor.*

*Intentar describir esos 50 años de investigación y transferencia de tecnología en pocas palabras es imposible, no por lo que se ha hecho, sino por lo que se podría quedar sin mencionar y con ello restar mérito al Investigador quien lo realizó. Pero aún, con la salvedad anterior, me atrevería a mencionar dos logros fundamentales, que mediante un proceso continuo de investigación y transferencia se ha logrado en Costa Rica: el incremento del área de siembra en poco más de un 100% y aumento de productividad en cifras mayores a un 700%. En resumen, estos datos concluyen que lo que se ha logrado es “productividad con generación y adopción tecnológica”.*

*También este evento tiene otro motivo importante: hacer un reconocimiento honorífico a uno de los investigadores y profesionales más visionarios de la Caficultura de Costa Rica, el Ingeniero Víctor Manuel Pérez Solano, a quien se debe en gran parte el impulso del proceso de investigación en Costa Rica, por lo que con justo mérito se le dedica este Simposio.*

*Por último, y en nombre de cada uno de las personas que han aportado su esfuerzo y dedicación en la organización y ejecución de este evento, agradece al Consejo Directivo de PROMECAFE y a ICAFE nuevamente en nosotros, haber confiado la organización de esta nueva versión mejorada del Simposio Latinoamericano de Caficultura.*

*Ing. Agr. Luis E. Zamora Quirós MBA  
Gerente Técnico  
INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA*



**XIX SIMPOSIO LATINOAMERICANO  
DE CAFICULTURA  
San José, Costa Rica 2 al 6 de octubre del 2000**

**INDICE DE TRABAJOS**

**CONFERENCIAS MAGISTRALES:**

1. **Riego por goteo en café.**  
Ing. Uri Goldstaen. Netafim, Brasil.
2. **Fertilización de Café por Módulos en Brasil.**  
Dr. Euripedes. *Malavolta*. Centro de Energía Nuclear en Agricultura, Universidad de São Paulo, Brasil.
3. **Mejoramiento Genético Clásico del Café y el Mejoramiento Genético en Brasil.**  
Dr. *Tumoru Sera*. Fitomejorador/Genetista. Instituto Agronómico de Paraná, Brasil.
4. **Uso potencial de la Biotecnología en Café.**  
PhD. *John Stiles*, Chief Scientific Officer, Integrated Coffee Technologies, Hawaii, USA.
5. **La seca del café como factor de calidad café descascado y secado en parihuela.**  
Mr. Gigi Micheli. Green Coffee Dept. Manager. Illycaffè, TRIESTE - Italia.
6. **Proyecto Manejo Integrado de Broca del Café CFC-OIC-CABI-PROMECAFE.**  
Dr. *Armando García*. Proyecto MIB PROMECAFE-ANACAFE, Guatemala.
7. **Emisión de Gases Efecto Invernadero y Fijación de Carbono en el Sistema de Producción de Café (*Coffea arabica*) Bajo Sol y Sombra en Costa Rica.**  
MSc. *Johnny Montenegro*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.

**TRABAJOS DE INVESTIGACION:**

**MANEJO DEL CULTIVO:**

- **Variacoes microclimática e densidade de fluxo de seiva de plantas de café (*Coffea arabica* L.) conduzidas em diferentes regimes de luz.** Ing. *Joel I. Fahl*, Campinas, Brasil.
- **Crescimento e Assilacao do Carbono e Nitrogeno em Plantas Jovens de Coffea em condicoes de sol e de Sombra.** Ing. *Maria Luiza Carelli*. Campinas, Brasil.
- **Shade improves coffee quality in a sub-optimal zone of Costa Rica.** Dr. *Muschler, Reinhold G.* CATIE, Costa Rica
- **Programa para la producción de café orgánico.** Ing. *Eliécer Campos*. ICAFE, Costa Rica.
- **Estudio de sistemas de poda por lote en Costa Rica.** Ing. *Eliécer Campos*. ICAFE, Costa Rica.

**NUTRICIÓN DEL CAFÉ:**

- **Caracterización de suelos cafetaleros y manejo del cultivo de café en el cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica.** Ing. *Jorge Ramirez, Rafael Angel Mata, Henry Rojas*. ICAFE,- UCR, Costa Rica.
- **Extracción de nitrógeno en dos cultivares de café en Costa Rica.** Ings. Víctor Chaves Arias y Eloy Molina, UCR, ICAFE, Costa Rica- **Estudio de dosis crecientes de fertilización en catimores.** Ing. *Ronny Alfaro*. ICAFE. Costa Rica.
- **Crecimiento de almáximo de café con abono tipo bocashi y abono verde de *Erythrina poeppigiana*.** Ing. *Ana C. Romero*, CATIE, Costa Rica.
- **Variación estacional de los contenidos minerales foliares de cuatro cultivares de café.** Ing. *Juan Jose Obando*. ICAFE, Costa Rica.

- Absorción de Nutrimientos por los Frutos y Bandolas de Café 'Caturra' Durante un ciclo de Desarrollo y Maduración de Frutos en Aquirares, Turrialba, Costa Rica. Dra. Floria Ramírez. Universidad de Costra Rica, Costa Rica.
- Evaluación de diferentes dosis de sulfato de zinc aplicados al suelo y fuentes de zinc foliares en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. *Ings: Carlos Fonseca Castro y Juan José Obando Jiménez*, ICAFE, Costa Rica.

#### GENETICA Y MEJORAMIENTO:

- Estabilidad de progenies 'Sarchimor' híbridos 'Catuaí x 'SH2 SH3' y retrocruzamientos 'Catuaí' x 'Icatu'. *Ing. Arnoldo Pineda*. IHCAFE, Honduras.
- Evaluación de la resistencia en el campo a *Meloidogyne exigua* de progenies Sarchimor y retrocruces 'Catuaí' x 'Icatu' en el Paraíso, Honduras. *Ing. Héctor Rogelio Zelaya Escoto*. IHCAFE, Honduras
- Producción de los cultivares 'C.R.-95', 'Catuaí', 'Caturra' y 'T-5175'. *Ing. Bernal Cisneros* ICAFE Costa Rica.
- Diversidad genética de los cafés (*Coffea arabica*) silvestres y cultivados, por los marcadores moleculares. *Dr. Francois Anthony*. IRD-CATIE, Costa Rica.
- Determinación del área foliar en cinco cultivares de café (*Coffea arabica*) mediante modelos de regresión. *Ing. Mario Roberto Padilla*. IHCAFE, Honduras
- A solution for the utilization of in vitro culture for mass-diffusion of *Coffea arabica* elite materials : the direct sowing of somatic embryos produced in a bioreactor. *Etienne H., Solano W., Pereira A., Bertrand B., Vasquez N. & Barry-Etienne D.* CIRAD/IRD/CATIE. Costa Rica.

#### MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS:

- Efecto de 15 cepas de hongos micorrizógenos (hma) sobre la producción de posturas de cafetos en tres tipos de suelos del macizo montañoso *guamuhaya*. Sánchez C, R. Rivera, C.González, R. Cupull, R. Herrera, y C.Bustamante. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, La Habana, Cuba
- Levantamento da fauna de Homópteros vetores de *Xylella fastidiosa* em viveiros de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Ing. Ana Maria Meneguim, Luciana Akemi Kimura, Rui Pereira Leite Jr.* IAPAR, - UEL, CNPq. Brasil
- Consideraciones sobre los aspectos biológicos de la avispa de Uganda, *Prorops nasuta* Waterston, 1923 (*Hymenoptera: Bethyridae*) en Brasil. *Ing. Vera Lúcia Rodriguez Machado Benassi*, Brasil.
- Avances sobre el control biológico de la broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) por medio del parasitoide *Phymastichus coffea*. *Ing. Angel Rafael Trejo*. IHCAFE, Honduras.
- Estudio de atrayentes de la Broca del Café. *Dr. Olger Borbón*. ICAFE, Costa Rica.
- La utilización de fuentes alcalinas para el control del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en mezcla con cyproconazole. *Ing. Orlando Mora*. ICAFE, Costa Rica.
- Determinación de la enzima trehalasa en el hongo *Mycena citricolor*. *Ing. Luis Vargas Cartagena*. MAG, Costa Rica.
- Microscopía electrónica de barrido del "ojo de gallo" (*Mycena citricolor*) en el cultivo de café. *Ing. Luis Vargas Cartagena*. MAG, Costa Rica.
- Trampas y Atrayentes para Monitoreo de Poblaciones de Broca del Café *hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae). *Ing. Reinaldo Cárdenas M.* Investigador pensionado de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CENICAFE, Colombia
- Diseño, Desarrollo y Evaluación del Trampeo en el Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en el Salvador. *Ing. María Ofelia Gonzalez*. PROCAFE, El Salvador.



- Evaluación de Productos Botánicos para el Combate del Nematodo Lesionador *pratylenchus sp.* en Establecimiento de Cafetales. Ing. Alfredo Agustín Rivera Menjivar. PROCAFE, El Salvador
- La “corchosis” del Cafeto en Costa Rica: Una Enfermedad Compleja Provocada por *Meloidogyne arabicida* y *Fusarium oxysporum*. Dr. Benoit Bertrand. CIRAD/CATIE. Costa Rica.
- Determinación de la Concentración Letal (CL50) y Evaluación de Cuatro Dosis de *metarhizium anisopliae* para el Control del Minador del Cafeto *Leucoptera coffeella*. Dr. Oscar G. Campos. ANACAFE, Guatemala.
- Caracterización del grillo indiano del café (*Paroecanthus spp.* Sauss. orthoptera: gryllidae) y acciones para el manejo del insecto. Ings Mario Roberto Padilla R., Harold Wiston Rodríguez, Programa entomología e investigación del IHCAFE, Honduras.
- Combate preventivo del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo de café. Ings: Jorge Mora Bolaños MSc. José Arturo Solórzano., Luis Gmo. Vargas Cartagena, Dirección de Investigaciones Agropecuarias, MAG, Costa Rica
- Valoración “*in vitro*” del pH óptimo para el desarrollo del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café. Luis Vargas Cartagena. Depto de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica.
- Evaluación “*in vitro*” del ácido propiónico + cal contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café. Luis Vargas Cartagena, Depto de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica
- Evaluación “*in vitro*” de la validamicina contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café. Ing Luis Vargas Cartagena, MAG Costa Rica
- Evaluación de daños económicos causados por *Rosellinia sp* en un área afectada por el patógeno. Fabio Bautista Pérez, Mario Magdiel Salazar, Técnicos Investigadores, PROCAFE, El Salvador.

#### **BENEFICIADO Y CALIDAD DE LA BEBIDA:**

- Comportamiento de los rendimientos de beneficiado de café de costa rica por zonas de producción, según registros de 15 años. Ing. José María Alpízar. ICAFE, Costa Rica.
- Cambios del Agua Residual del Café en una Laguna de Estabilización. Ing. Gerardo Lardé. PROCAFE, El Salvador.
- Cuantificación de la Contaminación de los Ríos en la Cuenca 24: Virilla – Tárcoles. Ing. José Miguel Ramírez. Costa Rica.
- Influencia de la variedad y la altitud en las características organolépticas y físicas del café. Ings Pablo Figueroa Solares, Oscar Humberto Jiménez, Edgar López de León, Francisco Anzueto, ANACAFE, Guatemala.

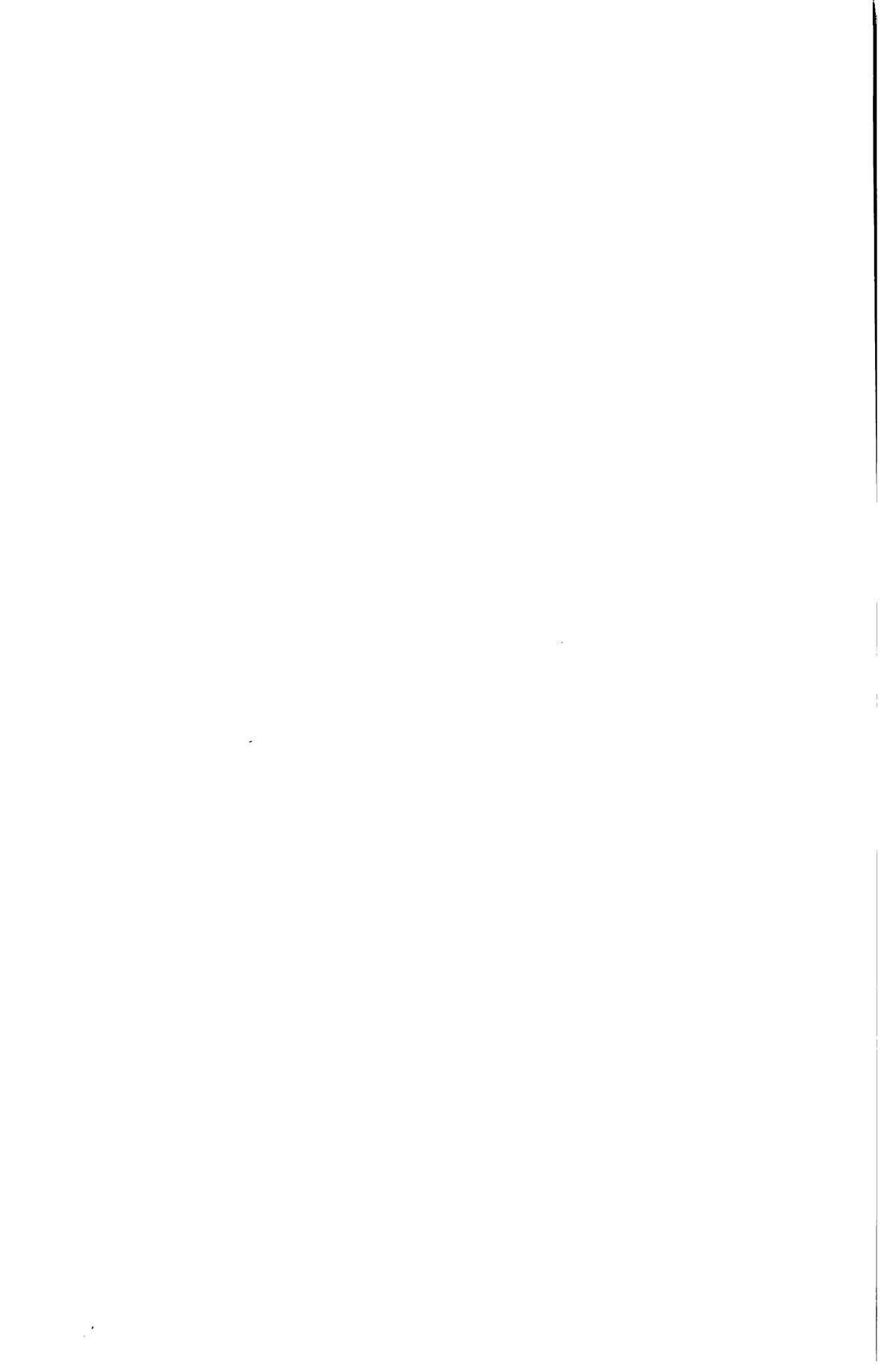
#### **SOSTENIBILIDAD DEL CULTIVO**

- Efecto de árboles maderables en barreras antierosivas sobre el crecimiento de café en una zona tropical húmeda de Costa Rica. Michaela Schaller, Francisco Jiménez Götz Schroth, John Beer.



# I. CONFERENCIAS MAGISTRALES

- **AVANCES DEL RIEGO POR GOTEO APLICADOS A LA CAFICULTURA**  
*Ing. Uri Goldstein Nefatim*
- **ADUBAÇÃO MODULAR DO CAFEIRO**  
*Dr E. Malavolta*
- **APERFEIÇOAMENTOS EM MÉTODOS DE MELHORAMENTO DE CAFÉ E AVANÇOS EM CULTIVARES NO BRASIL**  
*Tumoru Sera*
- **THE APPLICATION OF BIOTECHNOLOGY FOR THE IMPROVEMENT OF COFFEE**  
*John I. Stiles*
- **LA SECA DE CAFÉ COMO FACTOR DE CALIDAD CAFÉ DESCASCADO Y SECADO EN PARIHUELA**  
*Gigi Micheli*
- **PROYECTO MANEJO INTEGRADO DE BROCA DEL CAFÉ CFC-OIC-IIBC-PROMECAFE**  
*Dr. Armando García G*
- **EMISION DE GASES CON EFECTO INVERNADERO Y FIJACION DE CARBONO EN EL SISTEMA DE PRODUCCION DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN COSTA RICA**  
*Montenegro, J.  
Abarca, S.*



# AVANCES DEL RIEGO POR GOTEO APLICADOS A LA CAFICULTURA

*Ing. Uri Goldstein Netafim*

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Conceptos básicos:

El gran interés actual por el riego por goteo en la caficultura fue despertado principalmente por los excelentes resultados de economía de agua y energía, aliados a un sustancial aumento en la productividad. Hoy podemos decir que el goteamiento no es un simple sistema de riego, y sí un nuevo sistema de producción agrícola. Este sistema de producción agrícola abastece de agua, nutrientes y hasta mismo agroquímicos, aumentando la eficiencia de todos los factores de producción. La irrigación por goteo permite operaciones de cosecha, poda o pulverizaciones al mismo tiempo que se riega.

La respuesta de la Caficultura a la irrigación por goteo nos viene mostrando resultados sorprendentes y muchas veces superior a los otros métodos de riego. En el Brasil existen mas de 15.000 hectáreas irrigados por goteo, desde regiones del “cerrado” Minero donde difícilmente se produce Café sin irrigación hasta regiones de altos índices pluviométricos como el Sur de Minas y São Paulo. La mayoría de los proyectos existentes mostraron una producción mayor, aumentando el crecimiento vegetativo, mejorando la calidad y uniformidad del Café con mayores frutos.

Las principales ventajas de la irrigación por goteo son:

- **Mayor eficiencia en el uso del agua:** Permite un control mejor de la lámina de agua aplicada, disminuye las pérdidas por evaporación (pues no hay movimiento de agua en el aire, no moja la superficie de los vegetales y no moja toda la superficie del suelo), no hay pérdidas por percolación y por escurrimiento superficial, no riega las hierbas dañinas entre los caminos del Café y permite mayor eficiencia de riego, que no es afectado por el viento.
- **Mayor productividad:** En general se obtiene mayor productividad con la irrigación por goteamiento, principalmente para la cultura de Café, que responde mejor a los mayores niveles de humedad del suelo. Debido a las menores variaciones del nivel de humedad del suelo, los frutos, en general se desarrollan y son mas uniformes.
- **Mayor eficiencia para abonar:** La irrigación por goteo permite el fertiriego, por concentrar el sistema radicular junto al bulbo mojado, facilita

la aplicación del abono ampliando la eficiencia en la absorción y aprovechamiento de los nutrientes por las radículas.

- **Mayor eficiencia en el control Fitosanitario:** El motivo de no regar las hierbas dañinas y ni mojar la parte aérea del Café, facilita el control de las hierbas dañinas, de los insectos y hongos, permitiendo una mayor eficiencia en el uso de defensivos.
- **No interfiere con las prácticas culturales:** Como en la irrigación por goteamiento no se moja toda la faja entre las hileras, se pueden hacer capinas, cosechas y aplicación de defensivos antes del riego y después de él, lo que es una gran ventaja de este método, principalmente para la cultura del Café.
- **Se adapta a diferentes suelos y topografías :** Como la aplicación de agua en la irrigación es de pequeña intensidad, este método se adapta mejor que cualquier otro ,a diferentes tipos de suelo y topografías, lo mismo en terreno con topografía irregular y accidentada.
- **Economía de mano de obra:** Por tratarse de sistemas fijos, hay una gran economía de mano de obra comparadas con los sistemas convencionales de irrigación.

## **1.2 Zona radicular y zona húmeda**

Cuando se habla en irrigación por goteo, nos referimos a la aplicación de agua localizada, o sea, regamos un determinado local . Este local irrigado, también llamado de zona húmeda ciertamente irá proporcionar el desarrollo de las raíces de una manera uniforme.

Si hacemos un corte perpendicular en el suelo en el sentido de la plantación, observaremos que 85% a 90% de las radículas se desarrollan en la zona húmeda.

Si comparamos las raíces de un Café adulto regado por aspersión con las raíces de un Café que fue irrigado por goteamiento notaremos raíces desparramadas, largas y no uniformes en el primer caso, menores, concentradas y uniformes en el segundo caso. La concentración de las radículas en la zona húmeda permite una distribución uniforme y eficiente del agua y nutrientes en el local determinado: el sistema radicular efectivo del Café. Es justamente en este local que debemos alimentar la planta.



Figura 1: Formato del bulbo relacionado con el tipo del suelo

La zona húmeda es formada por la unión de los bulbos mojados. El formato de cada bulbo mojado esta relacionado directamente con el tipo de suelo; suelos más arcillosos donde la velocidad de infiltración es menor, el bulbo tiene un formato mas ancho y menos profundo, suelos mas arenosos donde la velocidad de infiltración es mayor, los bulbos tienen un formato mas estrecho y mas profundo. Por eso, el espacio entre los goteadores debe ser escogido por el tipo de suelo para que un bulbo mojado se apoye en el bulbo vecino creando una faja húmeda continua.

### 1.3 Manejo del riego

En el riego por goteo el agua es aplicada en el suelo directamente sobre la región radicular, en pequeñas intensidades, aunque con una alta frecuencia, de modo que mantenga la humedad del suelo en la zona radicular a la capacidad de campo.

Cualquier planeamiento y operación de un proyecto de irrigación, en que se espera una mayor producción y una buena calidad del Café, usando de manera eficiente el agua, requieren conocimiento de las relaciones entre el agua-suelo-planta-clima y manejo de la irrigación. De modo general al comenzar un proyecto de irrigación, se debe pensar: aumentar la producción, economizar trabajo y agua y minimizar la deterioración de la estructura del suelo y la pérdida de nutrientes.

El déficit de agua causa una disminución acentuada en las actividades fisiológicas del Café, principalmente en la división y crecimiento de las células y en

consecuencia, en el crecimiento de las plantas.. Cuando el déficit ocurre en períodos cortos, su efecto es mínimo. Pero cuando dura por períodos mayores su efecto puede ser drástico.

En general, el Café es mas sensible al déficit de agua en el período que va del comienzo de la formación floral hasta la fase de abundancia de granos.

La capacidad de retención de agua en la zona radicular depende básicamente, de la textura y de la estructura del suelo, de la profundidad efectiva del sistema radicular y de la profundidad del suelo. Con un desarrollo de raíces y principalmente radículas efectivas a una profundidad de 0,5 metros, este es el volumen del suelo que queremos garantizar que permanezca con humedad próxima de la capacidad de campo, y nunca con humedad menor que 40% del punto de marchitamiento permanente. Por eso para obtener máxima producción, el turno de riego debe ser tal que la planta no precise extraer agua de las capas mas profundas.

## **2. CARACTERÍSTICAS DE LA CAFICULTURA IRRIGADA**

La Caficultura en el Brasil viene siendo irrigada por goteamiento desde los años 90, principalmente en el cerrado Minero. Hoy , mas de 15.000 hectáreas ya son irrigadas por goteamiento. Los otros sistemas de irrigación también han sido substituidos por goteamiento, debido a la obtención de resultados agronómicos mejores y disminución de costos de producción. Inclusive en regiones como el Estado de São Paulo y el Sur de Minas donde tradicionalmente no se irrigaba, están cambiando este concepto. Los excelentes resultados en esas regiones muestran que la caficultura, un cultivo caro, se vuelve mucho más viable con la práctica de goteamiento. Cuando irrigamos por goteamiento, las radículas se encuentran todo el tiempo en un medio mineral rico en agua y aire, que es la condición ideal para la absorción de los nutrientes y un constante crecimiento vegetativo. Además, el agua puede contener los nutrientes necesarios en las diversas fases del cultivo.

Locales con índices pluviométricos elevados, no siempre tienen una distribución ideal de lluvias. El suelo solo absorbe la cantidad de lluvia con intensidades menores o igual a la tasa de infiltración. El excedente hídrico provocará escurrimiento superficial y no será aprovechado por la planta. Este es el principal motivo de suceso de la irrigación por goteamiento inclusive en locales donde los índices pluviométricos anuales son mayores que 1600mm.

Otro factor importante del riego por goteo es la posibilidad de aplicar los fertilizantes con el agua de irrigación o la fertirrigación. Todos estos factores han mostrado en la práctica las siguientes ventajas en la caficultura.



- Mayor crecimiento vegetativo.
- Floración intensa y uniforme.
- Mayor resultado de la floración.
- Un buen desarrollo de los granos.
- Granos mayores y de mejor calidad.
- Disminución de la bianualidad en la productividad.
- Aumento de la productividad.

### **3. FERTIRRIGACIÓN**

En la irrigación por goteamiento, la formación de la mayor parte de las raíces en área definida por el bulbo mojado facilita la práctica de abonamiento. Sabemos donde se encuentra la gran parte del sistema radicular, y es en este local que queremos abonar.

En el abonado convencional, el vehículo de aplicación de los nutrientes es mecánico, siendo que todavía dependemos de la lluvia para diluir el abono y trasladar los nutrientes hasta las raíces. Si la lluvia es fuerte corremos el riesgo de tener una parte del abono lixiviado para las capas inferiores del suelo. Por otro lado, si la lluvia no es suficiente o tarda en llegar, perderemos la eficiencia del abono.

En la fertirrigación, el vehículo de transporte del abono es la propia agua de la irrigación. Con los sistemas de goteamiento, podemos aplicar con precisión y uniformidad los nutrientes exactamente donde se encuentran la mayor parte de las radículas.

La verdadera práctica de fertirrigación implica en diversas aplicaciones de fertilizantes solubles en pequeñas dosis y con alto índice de eficiencia. Esto posibilita mantener un nivel adecuado de nutrientes en el suelo, durante todo el ciclo vegetativo del cultivo. Con esta práctica conseguimos obtener productividades mayores con una relación bolsa de abono/bolsa de café menor. Cuando conseguimos disminuir el estrés nutricional, conseguimos también disminuir la bianualidad obteniendo buenas productividades todos los años. Otras ventajas de la práctica de la fertirrigación y la disminución del tránsito de máquinas en el medio de la labranza disminuyendo considerablemente la compactación del suelo, menor necesidad de mano de obra para el abonado, y menor costo de aplicación de los fertilizantes.

#### **4. CONCLUSIÓN**

El sistema radicular del Café sin riego o irrigado por aspersión es totalmente distinto del Café irrigado por goteo. La gran cantidad de radículas se concentran en la parte del bulbo húmedo formado por el goteo, potencializando la absorción de los nutrientes. Los sistemas radiculares pequeños pueden soportar grandes cultivos y grande demanda hídrica, desde que sean fertirrigados adecuadamente. El manejo correcto del sistema depende de parámetros agronómicos, climáticos y pedológicos. El fertirriego es la práctica fundamental cuando irriga el Café por goteo garantizando producciones muy elevadas y uniformes. El control que el sistema de riego por goteo ofrece es la herramienta tecnológica más poderosa disponible para la Caficultura para un efectivo aumento en la productividad.



# ADUBAÇÃO MODULAR DO CAFEIEIRO<sup>1</sup>

Dr E. Malavolta<sup>2</sup>

## CONTEÚDO

1. INTRODUÇÃO
2. A ADUBAÇÃO MODULAR TEORIA E PRÁTICA
3. A ADUBAÇÃO MODULAR - RESULTADOS
4. SUMMARY
5. LITERATURA CITADA

## 1. INTRODUÇÃO

**OBJETIVO DA CAFEICULTURA (E DE QUALQUER CULTURA) -  
OBTENÇÃO SUSTENTÁVEL DE COLHEITAS ECONÔMICAS  
MÁXIMAS (CEM)  
= QUANTIDADE E QUALIDADE  
(DETALHES EM MALAVOLTA, 1993)**

**QUALIDADE = FUNÇÃO (CLIMA, PRÁTICAS CULTURAIS, ADU-  
BAÇÃO, COLHEITA E PROCESSAMENTO)**

**ADUBAÇÃO = UM DOS FATORES DE QUANTIDADE E QUALIDA-  
DE O PRINCÍPIO GERAL DA ADUBAÇÃO**

$M(\text{ADUBO}) = [M(\text{NECESSIDADE}) - M(\text{FORNECIMENTO})] \times f$

**M = MACRONUTRIENTES = N, P, K, Ca, Mg, S**

**MICRONUTRIENTES = B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni, Se, Zn**

**NECESSIDADE = VEGETAÇÃO + PRODUÇÃO**

**FORNECIMENTO = CONTRIBUIÇÃO DO SOLO**

**f - FATOR MAIOR QUE 1 (UM) = PERDAS POR**

**VOLATILIZAÇÃO (N, S)**

**LIXIVIAÇÃO (N, Mg, S, B, Cl, Se)**

**FIXAÇÃO (P, B, Co, Fe, Mn, Mo, Ni, Zn)**

---

<sup>1</sup> XIX SIMPÓSIO LATINOAMERICANO DE CAFEICULTURA, SAN JOSÉ, COSTA RICA

<sup>2</sup> CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA; UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, C.P. 96:-  
13.400-970 PIRACICABA, S. PAULO, BRASIL, E-MAIL: mala@cena.usp.br

**PRÁTICA DA ADUBAÇÃO PARA QUANTIDADE & QUALIDADE -  
CONSIDERAR**

**TEOR E RELAÇÕES ENTRE ELEMENTOS**

**SOLO: PARTICIPAÇÃO Al, K, Ca, Mg NA TROCA CATIÔNICA  
(CTC pH 7,0)**

**MATÉRIA ORGÂNICA - CARBONO - C/N, C/S, N/S, N/B**

**FOLHAS: INDICAÇÃO ESTADO NUTRICIONAL**

**RELAÇÕES FISIOLÓGICAS CONHECIDAS =**

**N/K, N/S, N/B P/Mg, S, B, Cu, Mn, Mo, Zn**

**K/Ca, Mg, Mg/Mn, Zn**

**DESCONHECIDAS - ELEMENTOS QUAISQUER**

**VÁRIOS ENFOQUES PARA RELAÇÕES -**

**QUOCIENTE TEORES ADEQUADOS**

**(=ALTAS PRODUTIVIDADES E QUALIDADE)**

**DRIS (BEAUFILS, 1973)**

**OUTROS (MENOS USADOS)**

**DOSES FERTILIZANTES REGIÕES CAFEEIRAS CALCULADAS  
SEGUNDO**

**VÁRIOS CRITÉRIOS ESTABELECIDOS EXPERIMENTAL-  
MENTE -**

- (1) COLHEITA POTENCIAL**
- (2) ANÁLISE SOLO**
- (3) ANÁLISE FOLHAS**
- (4) ECONOMIA ADUBAÇÃO**
- (5) COMBINAÇÕES DE (1) A (5)**
- (6) EXEMPLOS - TABELA 1 - 1.**

**Tabela 1-1. CRITÉRIOS PARA ADUBAÇÃO DO CAFEIEIRO EM PRODUÇÃO**

PAIS OU REGIÃO	CRITÉRIO	LITERATURA
BRASIL MINAS GERAIS	ANÁLISE DO SOLO - P, K, S, MICROS ANÁLISE FOLHAS - N; AJUSTES PRODUTIVIDADE	GUIMARÃES ET AL. (1999)
SÃO PAULO ESPIRITO SANTO	IDEM ANÁLISE DO SOLO - P, K, B, Zn N - EXPERIMENTOS PRODUTIVIDADE	RAIJ ET AL. (1996)  COSTA (1995) (1)
COLOMBIA	ANÁLISE DO SOLO PARA P, K, Ca, Mg E NECESSIDADE EFICIÊNCIA UTILIZAÇÃO ANÁLISE FOLHAS - AJUSTES	ARISTIZABAL (1998)
COSTA RICA	ANÁLISE DO SOLO - N, P, K, Ca, Mg, MICROS ANÁLISE FOLHAS - AJUSTES PRODUTIVIDADE	CARVAJAL (1984)
COSTA DO MARFIM	ANÁLISE DO SOLO ANÁLISE FOLHAS - MICRONUTRIENTES	HARDING AT AL. (1992)
ÍNDIA	ANÁLISE SOLO E FOLHA PRODUTIVIDADE	HARDING ET AL. (1992)
KENYA	IDEM	HARDING ET AL. (1992)

(1) C. CANEPHORA (CONILON)

## **2. A ADUBAÇÃO MODULAR - TEORIA & PRÁTICA**

**2.1. BREVE HISTÓRICO - DESENVOLVIDA INÍCIO ANOS 80:**  
**COLABORAÇÃO COM ENG. AGR. J. PERES ROMERO**  
**FINALIDADE - CÁLCULO INFORMATIZADO DA ADUBAÇÃO**  
**NA MAIOR (NA ÉPOCA) PLANTAÇÃO DE CAFÉ DO BRASIL =**  
**IPANEMA, ALFENAS, MG = 3.000 HECTARES (ANTES**  
**CERRADO)**  
**PICO: 140.000 SACAS, 1986 VALOR MÉDIO DE VENDA = 200 US\$**

## 2.2. PRINCÍPIOS:

- (1) INTEGRAÇÃO DA SAFRA (COLHEITA POTENCIAL)  
ANÁLISE DE SOLO  
ANÁLISE(S) DE FOLHAS  
DENSIDADE DE PLANTIO  
(ECONOMIA DA PRODUÇÃO)
- (2) FLEXIBILIDADE = POSSIBILIDADE AJUSTES  
PROGRAMA DE ADUBAÇÃO NO ANO AGRÍCOLA
- (3) UTILIZÁVEL PLANTACÕES PEQUENAS,  
MÉDIAS E GRANDES  
(10 A MAIS DE 1.000 HECTARES)
- (4) SOFTWARE DISPONÍVEL

## 2.3. DEFINIÇÕES, INFORMAÇÕES E COMO FORAM OBTIDAS

- (1) O QUE É MÓDULO = QUANTIDADE DE MACRO & MICRONUTRIENTES PARA VEGETAÇÃO & PRODUÇÃO DE 10 SACAS (600 KG) DE CAFÉ BENEFICIADO
- (2) NÚMERO MÍNIMO DE MÓDULOS = DOIS  
CURVA ACUMULAÇÃO NUTRIENTES x ANOS  
= SIGMOIDE TÍPICA COM TENDÊNCIA  
ESTABILIDADE AOS 10 ANOS =  
QUANTIDADE TOTAL ACUMULADA =  
SEMPRE CRESCENTE INDEPENDENTEMENTE TAMANHO DA COLHEITA  
(VARIAÇÃO ENTRE 5 E 50 SACAS/HA)  
ANOS BAIXA = CONSUMO NUTRIENTES PARA VEGETAÇÃO = RAIZ + TRONCO + GALHOS + FOLHAS  
ANOS ALTA PRODUÇÃO = CONSUMO MAIOR PARA FRUTOS (CORREA ET AL., 1996)
- (3) NÚMERO MÁXIMO PROGRAMADO = SEIS  
PRODUÇÃO IGUAL OU MAIOR QUE  
100 SACAS POR HECTARE =  
200 KG N  
15 KG P  
300 KG K  
(MALAVOLTA ET AL., 1963)
- (4) STABELECIMENTO DOSES MODULARES -  
DADOS SOBRE ACUMULAÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES

NO CICLO (VER FIGURA 2 - 1)

ENSAIOS FATORIAIS INCOMPLETOS (4 ENSAIOS, 10 ANOS CADA UM.

3 DOSES DE N, 3 DOSES P2O5, 3 DOSES K2O)

N1 P2K2

N2 P2K2

N3 P2K2

N3 P0K2

N3 P1K2

N3 P2K0

N3 P2K1

INFORMAÇÃO: DOSES, TEORES SOLO E FOLHA,  
PRODUÇÃO, QUALIDADE

OUTROS ENSAIOS - DOSES DE B E Zn

APLICAÇÃO NO SOLO OU NA FOLHA (2 ENSAIOS, 4 ANOS)

(5) ÉPOCA APLICAÇÃO FERTILIZANTES

RESULTADOS CARVAJAL (1984) -

N & K = MAIS OU MENOS UNIFORME DURANTE O ANO

P = QUASE 50% PREFLORAÇÃO E FLORAÇÃO

COMPORTAMENTO NO SOLO -

N, K - POSSIBILIDADE LIXIVIAÇÃO EFEITO SALINO

P = FIXAÇÃO

CONSEQUÊNCIA - FRACIONAMENTO N & K2O ÚNICA

APLICAÇÃO P2O5

(6) LOCALIZAÇÃO ADUBOS

ENSAIOS PLANTAS 3 E 9 ANOS IDADE

USANDO SUPERFOSFATO SIMPLES - <sup>32</sup>P :

FAIXA SUPERFICIAL CIRCULAR =

MAIOR ABSORÇÃO QUE APLICAÇÃO

SULCO CIRCULAR OU SEMI CIRCULAR

(MALAVOLTA & NEPTUNE, 1977)

(7) VARIAÇÃO ANUAL TEORES MACRO E MICRO

ONZE PLANTAÇÕES ALTA PRODUTIVIDADE,

ANÁLISE FOLHAS DURANTE QUATRO

ANOS, MESES ALTERNADOS

FIG. 2 - 2: CADA PONTO - MÉDIA DE 44 DETERMINAÇÕES  
MACRO

TAB. 2 - 1: FAIXAS DE VARIAÇÃO

**(8) MOBILIZAÇÃO N E K DAS RESERVAS  
(FOLHAS, LENHO, RAÍZES) PARA VEGETAÇÃO  
NOVA E PRODUÇÃO ESTUDADA COM • EMBED  
Equation.3 • • E •  
EMBED Equation.3 • •  
(LIMA FILHO & MALAVOLTA, 2000)  
FUNÇÃO INTENSIDADE DEFICIÊNCIA -  
MAIOR QUANTO MENOR TEOR FOLIAR  
MÁXIMO MEDIDO: N - ENTRE 25 E 55%  
K - ENTRE 55 E 85%**

**Tabela 2 - 1. NÍVEIS ADEQUADOS DE NUTRIENTES EM CAFEZAIS DE ALTA PRODUÇÃO <sup>1</sup>**

ELEMENTO	JANEIRO	MARÇO	MAIO	JULHO	SETEMBRO	NOVEMB
<b>% MATÉRIA SECA</b>						
<b>N</b>	2,8 - 3,1	2,6 - 3,1	2,8 - 3,1	2,6 - 2,9	2,8 - 3,2	2,8 - 3,2
<b>P</b>	0,17 - 0,19	0,15-0,19	0,14 - 0,19	0,12 - 0,16	0,14 - 0,16	0,16 - 0,19
<b>K</b>	2,2 - 2,5	1,9 - 2,4	2,0 - 2,4	1,5 - 1,9	2,2 - 2,5	2,4 - 3,1
<b>Ca</b>	1,0 - 1,3	1,5 - 1,8	1,2 - 1,4	1,1 - 1,6	1,3 - 1,9	1,2 - 1,5
<b>Mg</b>	0,27 - 0,35	0,36-0,40	0,34 - 0,40	0,28 - 0,33	0,32 - 0,41	0,31 - 0,38
<b>S</b>	0,18 - 0,23	0,21-0,24	0,18 0,21	0,15 - 0,18	0,19 - 0,24	0,16 - 0,23
<b>PPM MATÉRIA SECA</b>						
<b>B</b>	50	60 - 80	50 - 70	40 - 70	50 - 60	50 - 80
<b>Cu</b>			10 - 15			
<b>Fe</b>	120 - 200	110 - 200	200 - 400	250 - 300	250 - 350	120 - 250
<b>Mn</b>	100 - 150	100 - 200	110 - 180	110 - 250	170 - 240	70 - 200
<b>Mo</b>			0,10 - 0,15			
<b>Zn</b>	10 - 20	12 - 20	10 - 20	8 - 12	10 - 18	10 - 15

(1) ONZE PLANTAÇÕES, QUATRO ANOS



## 2.4. O MÓDULO ORIGINAL (ANOS 80)

- (1) DOSE DE N = FUNÇÃO TEOR MATÉRIA ORGÂNICA  
DE P = FUNÇÃO TEOR P (MEHLICH 1)  
DE K = FUNÇÃO K% CTC pH 7,0  
DE Mg = FUNÇÃO Mg% CTC pH 7,0  
DE S = FUNÇÃO S-SO<sub>4</sub> SOLÚVEL + LÁBIL  
DE B = FUNÇÃO B SOLO SOLÚVEL HCl 0,05 N  
DE Zn = FUNÇÃO Zn SOLO EM MEHLICH 1
- (2) DOSES MÁXIMAS PARA 10 SACAS + VEGETAÇÃO  
N = 100 KG/HA  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 20  
K<sub>2</sub>O = 100  
Mg = 20  
S = 20  
B = 2  
Zn = 2
- (3) DENSIDADE DE PLANTIO NÃO CONSIDERADA
- (4) 3 A 4 PARCELAMENTOS  
3 PARCELAMENTOS: FIXO + 2 VARIÁVEIS  
4 : FIXOS + 2 VARIÁVEIS
- (5) MÍNIMO 2 MÓDULOS  
1 MÓDULO PODAS E MENOS 5 SACAS
- (6) MÁXIMO 4 MÓDULOS
- (7) AJUSTES NAS DOSES DEPOIS DO  
1.º PARCELAMENTO (CASO DE 3)  
2.º PARCELAMENTO (CASO DE 4)  
E REAVALIAÇÃO DA COLHEITA

## 2.5. O MÓDULO ATUAL (MALAVOLTA & MOREIRA, 1997)

### 2.5.1. ANTECEDENTES

- SANTINATO ET AL., (1984), CATUAÍ VERMELHO  
8 NÍVEIS DE ADUBAÇÃO =  
200 - 3.200 KG FORMULAÇÃO POR HECTARE  
(O ( 2,5 ANOS DE IDADE = PRIMEIRA COLHEITA)  
4 DENSIDADES DE PLANTIO =  
1.666, 2.500, 5.000 & 10.000 (COVAS POR HECTARE)

LUCROS MÁXIMOS EM SACAS POR HECTARE

COVAS	Sc/Ha	NÍVEL
1.666	1	NO NÍVEL 8
2.500	7	NO NÍVEL 8
5.000	15,5	NO NÍVEL 8
10.000	19	NO NÍVEL

**RELAÇÕES ENTRE DENSIDADE DE PLANTIO,**

DOSE DE FORMULAÇÃO NPK E PRODUÇÃO

REGIÕES CAFEIRAS ESTADO DE MINAS GERAIS

= 51% PRODUÇÃO TOTAL BRASILEIRA

SACAS/HECTARE =

$$0,919830 + 0,004855 (\text{KG FORMULAÇÃO})$$

$$+ 0,0054141 (\text{COVAS/HECTARE})$$

$$\text{SACAS/HECTARES} = 56, 518 - 0,0446X + 0,000001X^2$$

$$X = \text{KG ADUBO } R^2=0,97$$

$$\text{SACAS/HECTARES} = -50, 82 - 0,1558X + 0,000008X^2$$

$$X = \text{COVAS/HECTARE } R^2=0,96$$

(DADOS DE MATIELLO, 1996, CALCULADOS)

**2.5.2. CONSEQÜÊNCIAS:**

EFICIÊNCIA PROPORCIONAL DENSIDADE DE PLANTIO ( $f$  ( UM)

COROLÁRIO - MESMA PRODUTIVIDADE

MAIOR DENSIDADE ( MENOS ADUBO

**2.5.3. USO**

“A ADUBAÇÃO COMEÇA COM A ANÁLISE DO SOLO E DA FOLHA CONTINUA COM A CORREÇÃO DA ACIDEZ DE SUPERFÍCIE E SUBSUPERFÍCIE TERMINA COM A APLICAÇÃO DO FERTILIZANTE NO SOLO E NA FOLHA”.

AMOSTRAGEM DO SOLO CAFEZAIS EM PRODUÇÃO -

MEIO DA FAIXA ADUBADA

TODOS OS ANOS 0 - 20 CM

CADA 2 - 4 ANOS 0 - 20 & 20 - 40 CM

(CAFEZAIS EM FORMAÇÃO E BAIXA  
DENSIDADE DE PLANTIO - ENTRE LINHA,  
0 - 20 & 20 - 40 CM CADA 2 ANOS)  
10 SUBAMOSTRAS ÁREAS HOMOGÊNEAS  
COMPOSTA ( COMPOSTA

AMOSTRAGEM FOLHAS -

MEIO DA COPA  
TERCEIRO OU QUARTO (OU AMBOS) PARES  
DE FOLHAS A PARTIR DA PONTA  
QUATRO EXPOSIÇÕES (N, S, L, O) OU  
DOIS LADOS LIVRES  
25 PLANTAS/GLEBA HOMOGÊNEA  
2 - 4 FOLHAS x 2 - 4 EXPOSIÇÕES  
= 200 - 400 FOLHAS (  
25 A 50 ( LABORATÓRIO

**CALAGEM - CORREÇÃO ACIDEZ 0 - 20 CM**

$$\text{N.C.} = \frac{T(V_2 - V_1)}{\text{PRNT}} \quad \chi P \quad \text{ONDE}$$

N.C. = TONELADAS DE CALCÁRIO POR HECTARE

T = CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA pH 7,0 (CTC)

= MEQ/100 CM<sup>3</sup> H+Al+K+Ca+Mg

= SATURAÇÃO EM BASES ADEQUADA

$$= \frac{\text{MEQ} / 100 \text{ CM}^3 K + Ca + Mg}{T} \chi 100$$

= 60

$V_1$  = VALOR ENCONTRADO NA ANÁLISE

PRNT = PODER RELATIVO NEUTRALIZAÇÃO TOTAL DO  
CALCÁRIO MÉDIA = 75

p = FATOR PROFUNDIDADE INCORPORAÇÃO DO  
CALCÁRIO

= 1 PARA 0 - 20 CM = ANTES DO PLANTIO

= 1,5 0 - 30 CM = IDEM

= 0,5 0 - 10 = FORMAÇÃO OU PRODUÇÃO

PRNT = PODER

**GESSAGEM - CORREÇÃO ACIDEZ 20 - 40 CM**

SE Ca% CTC EFETIVA (=Al+K+Ca+Mg) MENOR QUE 40% OU SATURAÇÃO POR ALUMÍNIO MAIOR QUE 20%

DOSE: 1 MEQ Ca PARA SUBIR OU

1 MEQ Al PARA BAIXAR

= 2,5 TONS GESSO POR HECTARE

(GESSO = CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O) = SUBPRODUTO

INDÚSTRIA DE ÁCIDO FOSFÓRICO

DOSE MÁXIMA ANUAL -

SOLOS ARENOSOS = 1,5 TONS/HECTARE

ARGILOSOS = 2,5

**Tabela 2 - 2. FOSFATAGEM E POTASSAGEM (1).**

P mg/dm <sup>3</sup>	kg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	K% CTC	kg K <sub>2</sub> O/ha
≤ 10	360	< 2,0	180
11 - 20	240	2,0 - 3,0	120
21 - 20	180	3,1 - 4,0	90
21 - 30	90	4,1 - 5,0	60
> 40	0	> 5,0	0

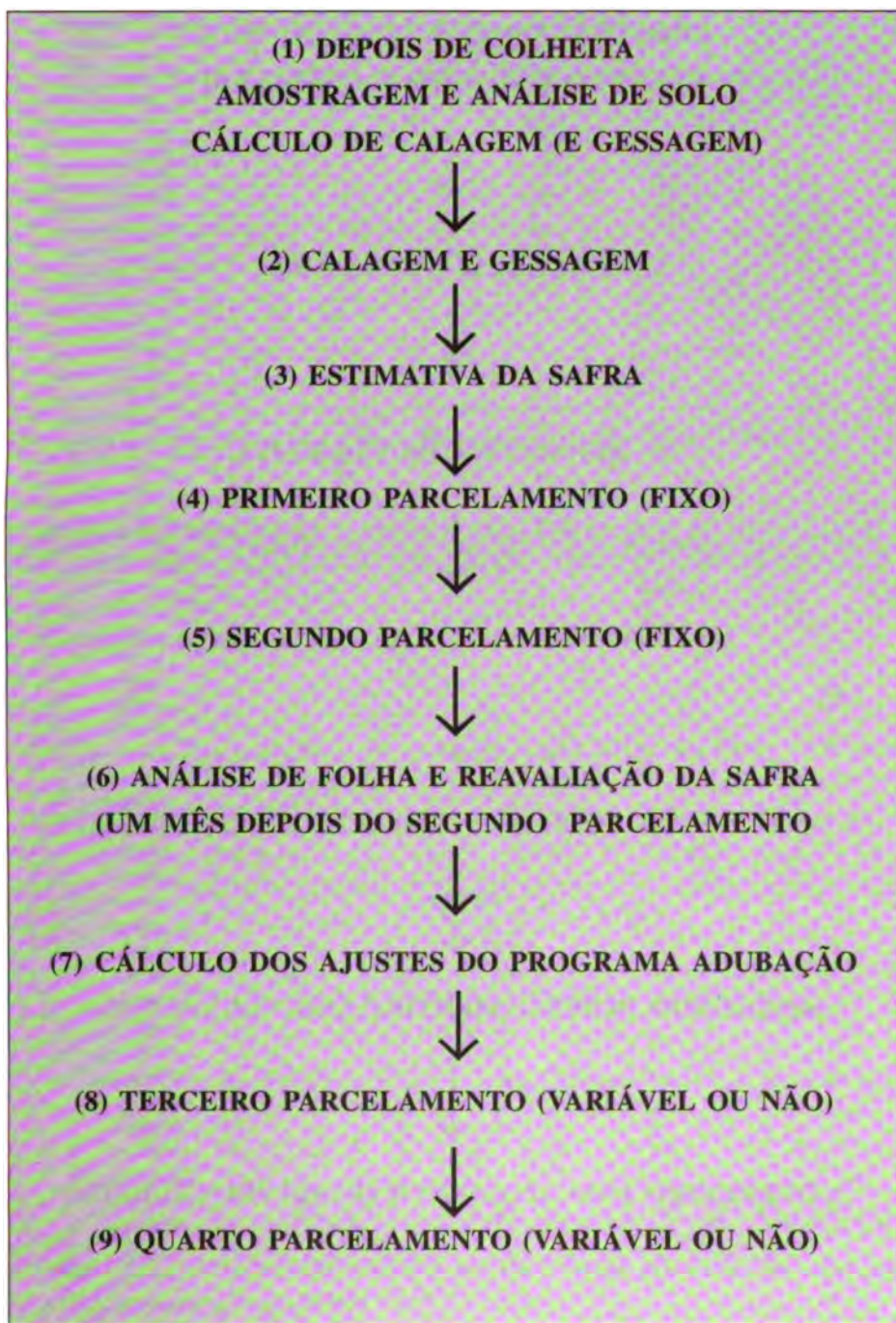
(1) P - RESINA. P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = SUPERFOSFATO SIMPLES OU FOSMAG OU TERMOFOSFATO OU 1/3 SUPERFOSFATO SIMPLES + 2/3 FOSFATO NATURAL REATIVO.

**TABELA 2 - 3. ADUBAÇÃO CORRETIVA COM MICRONUTRIENTES.**

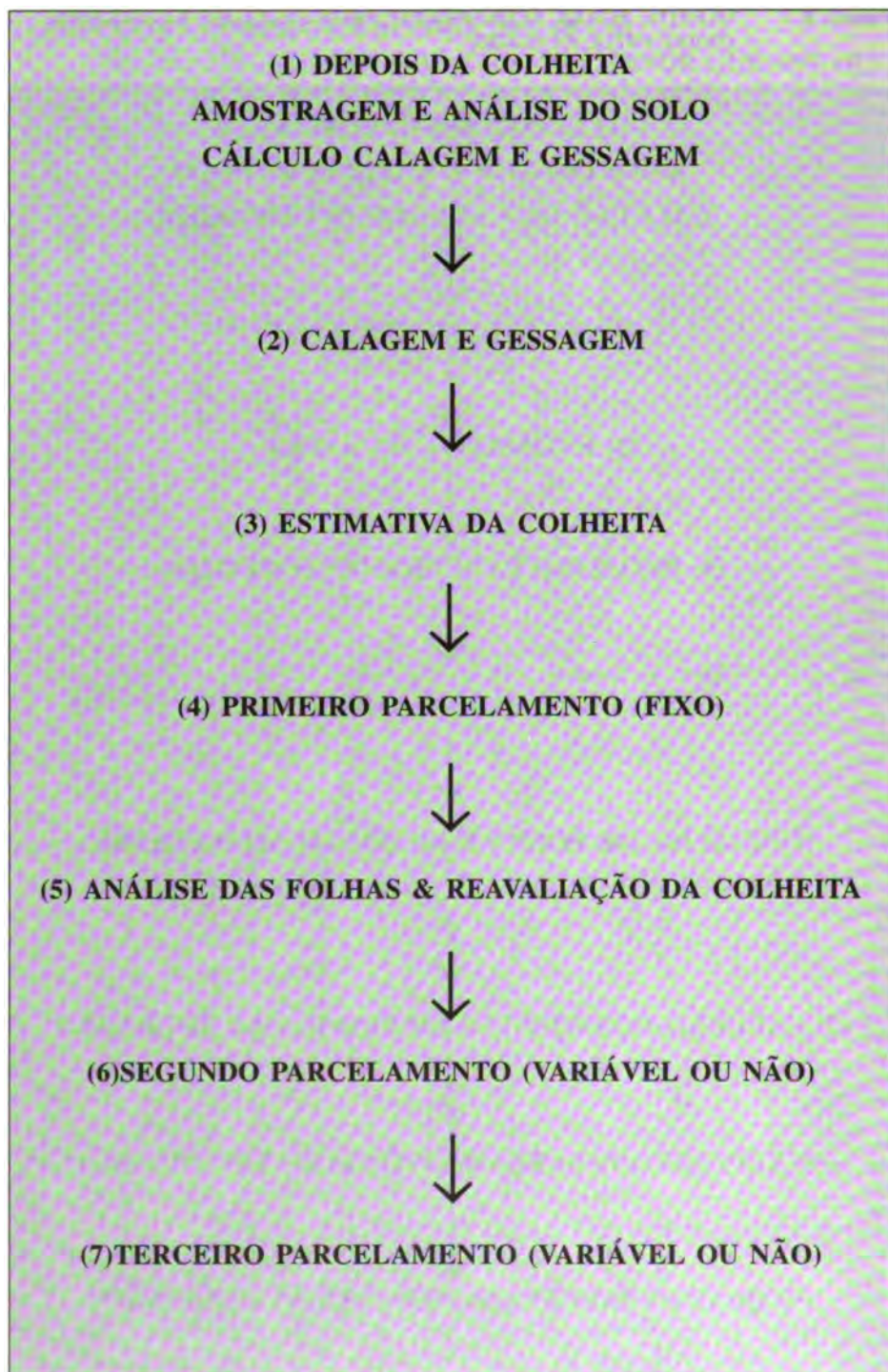
ELEMENTO	TEOR NO SOLO (mg/kg)	kg/ha
B	BAIXO: <0,3	3
	MÉDIO: 0,3 - 0,6	2
	ALTO: 0,7 - 1,0	1
	> 1,0	0
Cu	BAIXO: <0,5	3
	MÉDIO: 0,5 - 1,0	2
	ALTO: 1,1 - 1,5	1
	> 1,5	0
Mn	BAIXO: < 5	15
	MÉDIO: 5 - 10	10
	ALTO: 11 - 15	5
	> 15	0
Zn	BAIXO: < 2	6
	MÉDIO: 2 - 4	4
	ALTO: 5 - 6	2
	> 6	0

(1) B EM HCl 0,05 N OU MEHLICH 1. Cu, Mn, Zn EM MEHLICH 1.

**Fontes: B -** ULEXITA, BÓRAX, ÁCIDO BÓRICO, FRITA. Cu, Fe, Mn, Zn - SULFATO, ÓXIDO, FRITA, QUELADO.



**FIGURA 2 - 8.** SEQÜÊNCIA DE OPERAÇÕES NO SISTEMA DE ADUBAÇÃO MODULAR



**Figura 2 - 9.** ALTERNATIVA MAIS FREQUENTE PARA A ADUBAÇÃO MODULAR

**Tabela 2 - 4.** DOSES MODULARES MÁXIMAS EM FUNÇÃO DA DENSIDADE DE PLANTIO (1).

ELEMENTO	≤ 5.000	5.000 A 10.000	> 10.000
<b>kg/ 10 SACAS BENEFICIADAS</b>			
N	100	80	70
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20	15	12
K <sub>2</sub> O	100	80	70
Mg	20	15	12
S	20	15	12
B	1	0,8	0,7
Cu	2	1,5	1
Fe	5	4	3
Mn	5	4	3
Mo	0,10	0,08	0,07
Zn	2	1,5	1

(1) MÍNIMO = 2 MÓDULOS. ATÉ 60 SACAS = 4 MÓDULOS. MAIS DE 60 SACAS = MÓDULOS

**Tabela 3 - 5.** MÓDULO PARA N, P, K, Mg, S. DENSIDADE: 5.000 - 10.000 COVAS/HA.

	AGO/SET	OUT/NOV	DEZ/JAN	MAR/ABR
<b>CARACTERÍSTICA FIXA</b>		<b>VARIÁVEL</b>		
		<b>kg N/ha</b>		
<b>MAT. ORGÂNICA (g/dm<sup>3</sup>)</b>				
< 15	20	20	20	20
15 - 40	20	20	20	0
> 40	20	20	0	0
		<b>kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha</b>		
<b>P mg/dm<sup>3</sup></b>				
< 10	7,5	0	7,5	0
10 - 20	5	0	5	0
> 20	0	0	0	0
		<b>kg K<sub>2</sub>O/ha</b>		
<b>K% CTC(2)</b>				
< 3	20	20	20	20
3 - 5	20	20	20	0
> 5	20	20	0	0
		<b>kg Mg/ha</b>		
<b>Mg% CTC (3)</b>				
< 6	7,5	0	7,5	0
5 - 10	5	0	5	0
> 10	0	0	0	0
		<b>kg S/ha</b>		
<b>S-SO<sub>4</sub> mg/dm<sup>3</sup></b>				
< 5	7,5	0	7,5	0
5 - 10	5	0	5	0
> 10	0	0	0	0

(1) P RESINA. P - MEHLICH 1: <10, 10-15, > 15

(2) K %CTC > 5% OU ( 3 mmol•EMBED Equation.3 • /dm<sup>3</sup>

(3) Mg %CTC > 12% OU ( 12 mmol•EMBED Equation.3 • /dm<sup>3</sup>

**OUTRA ALTERNATIVA -**

- (1) **TODOS OS PARCELAMENTOS -  
VARIÁVEIS OU  
FIXOS = ZERO DE NPK**
- (2) **ANÁLISES FOLIARES QUINZENAIS  
( COMPARAÇÃO COM CURVAS FLUTUAÇÃO  
ANUAL ( ADUBAÇÃO SOMENTE QUANDO  
TEORES MAIS BAIXOS QUE OS ADEQUADOS**

### **3. ADUBAÇÃO MODULAR - RESULTADOS**

**ACEITAÇÃO: 5 - 10% DA ÁREA CAFEIEIRA DO BRASIL  
( 0,05 - 0,10 x 2 x 10<sup>6</sup> HECTARES  
MÓDULO TAL QUAL OU ADAPTADO**

**EXEMPLO: MÉDIAS MÓVEIS 4 ANOS**

**IPANEMA AGROINDÚSTRIA = 30 SACOS/HECTARE (3  
CERCA 2.000 HA CONVENCIONAIS**

**CONCEIÇÃO RIO VERDE = 60 SACAS/HECTARE ( 6  
250 HECTARES (5.000 ORTOTRÓPICOS/HA)**

**AGROPEC. MTE. ALEGRE = 40 SACAS/HECTARE ( 4  
1500 HECTARES (CONVENCIONAIS E  
ADENSADOS)**

**CONCLUSÃO PRODUTORES: MENOR CONSUMO DE  
ADUBO**

**& MAIOR LUCRO SUSTENTADO**

### **4. LITERATURA CITADA**

**BEAUFILS, E. R. 1973. DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION IN-  
TEGRATED SYSTEM (DRIS). A GENERAL SCHEME OF EXPERI-  
MENTATION AND CALIBRATION BASED ON PRINCIPLES DE-  
VELOPED FROM RESEARCH IN PLANT NUTRITION. UNIV.  
OF NATAL, PIETERMARITZ BURG. SOIL SCI. BULL. 1 - 132 P.**

**ARISTIZABAL, G. V. 1998. MANUAL DE NUTRICIÓN Y  
FERTILIZACIÓN DEL CAFÉ. INFOFOS. QUITO. 61 P.**

**CARVAJAL, J. F. 1984. CAFETO - CULTIVO Y FERTILIZACIÓN. 2.ª  
ED. INSTITUTO INTERNACIONAL DE LA POTASA. BERNA.  
254 P.**



- CORREA, J. B., A. W. R. GARCIA & P. C. COSTA.** 1986. EXTRAÇÕES DE NUTRIENTES PELOS CAFEIROS MUNDO NOVO E CATUAÍ. RES. 13.º CONGR. BRAS. PESQ. CAFEIROS (SÃO LOURENÇO): 35 - 41. IBC/GERCA. RIO DE JANEIRO.
- COSTA, E. B. (COORD.)** 1995. MANUAL TÉCNICO PARA A CULTURA DO CAFÉ NO ESTADO DO ESPIRITO SANTO. SEC. ESTADO DA AGRICULTURA. VITÓRIA. 163P.
- GUIMARÃES, P. T. G., A. W. R. GARCIA, H. V. ALVAREZ, L. C. PREZOTTI, A. S. VIANA, A. E. MIGUEL, E. MALAVOLTA, J. B. CORREA, A. S. LOPES, F. D. NOGUEIRA & A. V. C. MONTEIRO.** 1999. CAFEIRO. EM: RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE CORRETIVOS E FERTILIZANTES EM MINAS GERAIS. 5.ª APROX. P. 289 - 302. A. C. RIBEIRO, P. T. G. GUIMARÃES & V. H. ALVAREZ V., EDS. COM FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS. VIÇOSA. 359 P.
- HARDING, P., E. MALAVOLTA, G. VALENZUELA SAMPER, J. SNOECK, W. KRISHNA MURTHY RAO, S. DANIMIHARDJA & J. B. S. ROBINSONS.** 1992. COFFEE. EM: IFA WORLD FERTILIZER MANUAL. P. 499 - 519. W. WICHMANN, ED. INTERNATIONAL FERTILIZER ASSOCIATION. PARIS. 632 P.
- LIMA FILHO, O. F. & E. MALAVOLTA.** 2000. REMOBILIZAÇÃO E UTILIZAÇÃO DO NITROGÊNIO (• EMBED Equation..3 • ` • E • ) E POTÁSSIO (• EMBED Equation..3 • ` • E • ) NO ESTÁGIO REPRODUTIVO DE CAFEIROS NORMAIS E DEFICIENTES EM NITROGÊNIO E POTÁSSIO. AN. ACAD. BRAS. CIÊNCIAS: SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO.
- MALAVOLTA, E. & A. M. L. NEPTUNE.** 1977. STUDIES ON THE PLACEMENT OF FERTILIZER PHOSPHORUS IN TROPICAL SOILS. PHOSPHORUS IN AGRICULTURE (PARIS) 31(70):93-97.
- MALAVOLTA, E. & A. MOREIRA.** 1997. NUTRIÇÃO E ADUBAÇÃO DO CAFEIRO ADENSADO. INFORMAÇÕES AGRONÔMICAS N.º 80, ENCARTE TÉCNICO 1. POTAFOS. PIRACICABA. 8 P.
- MALAVOLTA, E.** 1993. NUTRIÇÃO MINERAL E ADUBAÇÃO DO CAFEIRO - COLHEITAS ECONÔMICAS MÁXIMAS. EDITORA AGRONÔMICA CEES LTDA. SÃO PAULO. 210 P.
- MALAVOLTA, E. E. A. GRANER, J. R. SARRUGE & L. GOMES.** 1963. ESTUDOS SOBRE A ALIMENTAÇÃO MINERAL DE

- CAFEIRO. XI. EXTRAÇÃO DE MACRO E MICRONUTRIENTES NA COLHEITA PELAS VARIEDADES “BOURBON AMARELO”, “CATURRA AMARELO” E “MUNDO NOVO”. TURRIALBA 13(2):188 - 189.
- MATIELLO, J. B.** (COORD.) 1996. DIAGNÓSTICO DA CAFEICULTURE IN MINAS GERAIS. FAEMG. BELO HORIZONTE. 49 P.
- MULLER, L.** 1966. COFFEE NUTRITION. EM: FRUIT NUTRITION. N. F. CHILDERS, ED. P. 685 - 776. HORTICULTURAL PUBLICATIONS. NEW BRUNSWICK. 888 P.
- RAIJ, B. VAN, D. R. FERNANDES, E. G. OLIVEIRA, E. MALAVOLTA, G. S. CERVellini, H. CANTARELLA, I. BARROS, J. A. TOLEDO FILHO, L. C. E. PEREIRA, P. B. GALLO, R. A. THOMAZIELLO, R. BONINI & T. E. COSTA.** 1996. CAFÉ. EM: RECOMENDAÇÕES DE ADUBAÇÃO E CALAGEM PARA O ESTADO DE SÃO PAULO. 2.ª ED. P. 97 - 101. B. VAN RAIJ, H. CANTARELLA, J. A. QUAZZIO & A. M. C. FURLANI, EDS. INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS. BOL. 100. CAMPINAS. 285 P.

# APERFEIÇOAMENTOS EM MÉTODOS DE MELHORAMENTO DE CAFÉ E AVANÇOS EM CULTIVARES NO BRASIL

Tumoru Sera<sup>1</sup>

## 1. INTRODUÇÃO

No melhoramento genético do cafeeiro, as características quantitativas como a produção, é mais difícil de trabalhar do que nas plantas anuais. Isto se deve à existência de período juvenil, à necessidade de se avaliar vários anos de produções consecutivas para se conhecer a capacidade produtiva a longo prazo e à existência de acentuada oscilação anual de produção onde o cafezal é conduzido a pleno sol e sem sombra (Stevens, 1949).

Apesar disso, os programas de melhoramento executados em vários centros de pesquisa tem levado a grandes progressos genéticos. Por exemplo, o programa iniciado em 1933 no Instituto Agrônomo de Campinas obteve progressos de até 240% quando se comparou a cultivar Mundo Novo em relação a primeira cultivar plantada no Brasil, *Árabica* (Fonseca, *et al.* 1978). Os métodos de melhoramento normalmente empregados no Brasil, consistem na seleção de plantas individuais seguida da avaliação de progênies, ou ainda de hibridação intra e interespecífica e seleção genealógica. Em adição, o método de retrocruzamento tem sido aplicado para a transferência de caracteres específicos, tais como internódios curtos e resistência a pragas e doenças, presentes em outras cultivares ou em espécies relacionadas a *Coffea arabica* L. A seleção de plantas individuais pode ser realizada tanto em uma plantação comercial, como em parcelas experimentais especialmente plantadas com o propósito de melhoramento genético. Neste último caso, a produção é registrada por vários anos sucessivos para a identificação de genótipos superiores (Medina *et al.*, 1984, Carvalho, 1988).

No desenvolvimento de cultivares de café de sucesso, o conhecimento profundo do ambiente de cultivo, tecnologia de cultivo, processamento, comercialização e exigências dos consumidores é de fundamental importância. Os programas de melhoramento genético do cafeeiro visam o aumento da rentabilidade e da estabilidade econômica dos cafeicultores através da eficiência produtiva ao nível da propriedade. Esta eficiência produtiva pode ser alcançada com base em:

---

<sup>1</sup> Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) - Programa Café/Área de Melhoramento e Genética Vegetal. - Rod. Celso Garcia Cid, km375, C.P.481 - CEP86001.710, Londrina, Paraná, Brasil. (tsera@pr.gov.br)

- 1) Aumento da produtividade;
- 2) Redução do custo de produção por saca;
- 3) Melhoria na qualidade do produto e
- 4) Estabilidade de produção.

## **2. PRINCIPAIS PROBLEMAS QUE O MELHORAMENTO PODE AJUDAR A RESOLVER**

Para alcançar maior eficiência na produção de café de qualidade a menor custo e maior produtividade há necessidade de desenvolver várias linhas de pesquisa em melhoramento genético visando resolver ou amenizar os seguintes fatores limitantes:

- **Produtividade.** Potencial de produtividade de 4800 kg em grãos/ha/ano para uma minoria produtores excelentes não está acessível para a maioria, necessitando amenizar vários pontos de estrangulamentos através de variedades e seu manejo adequado;
- **Qualidade.** A realização do potencial de produção de café de qualidade exigida pelos consumidores está tendo várias dificuldades. Necessita uniformizar a maturação, escalonar a colheita e desenvolver cultivares de grãos maiores, além de ter os atributos normais de corpo, aroma, acidez e doçura. Outras características especiais como menos resíduos tóxicos exigem cultivares resistentes a maioria dos parasitos limitantes;
- **Colheita.** Dentre os componentes do custo de produção, a colheita é o componente mais oneroso, tanto em plantio tradicional como em adensado, necessitando escaloná-lo e desenvolver cultivares de porte pequeno de frutos graúdos e que sejam de maturação mais uniforme e de frutos menos deiscentes;
- **Custos.** O custo de controle de pragas, doenças, nematóides e ervas daninhas e da adubação estão altos, necessitando desenvolver cultivares menos suscetíveis a pragas, resistentes a herbicidas e menos exigentes em adubações.
- **Adversidades edafo-climáticas.** A vulnerabilidade a oscilações ambientais é alta, necessitando de cultivares menos suscetíveis a geada, a seca e a solos pobres;
- **Ferrugem.** O controle de ferrugem está difícil devido a custo do produto, dificuldade operacional e imprevistos climáticos. Esta doença onera o custo e deprecia a qualidade além de aumentar a suscetibilidade às geadas no caso de controle insuficiente. Necessita desenvolver novas variedades

- com mais genes de resistência e de tolerância para fazer face a novas raças que quebram a resistência das atuais variedades;
- **Nematóides.** Os nematóides do gênero *Meloidogyne* especialmente *M. incognita* com as suas 4 raças fisiológicas e *M. paranaensis* e, em menor grau de dano o *M. exigua* são limitantes na propriedade infestada, necessitando intensificar o desenvolvimento de porta-enxertos resistentes e cultivares pés francos resistentes;
  - **Bacteriose.** A bacteriose *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* está se tornando uma doença limitante em certas regiões de altitude e em faces sul e leste necessitando desenvolver cultivares resistentes;
  - **Bicho mineiro.** Está se tornando mais danoso e de controle difícil necessitando intensificar o desenvolvimento de cultivares resistentes;
  - **Ervas daninhas.** Alto dano e o custo de controle das ervas daninhas no café em formação justifica o desenvolvimento de cultivares resistentes a herbicidas;
  - **Antracnose.** Há necessidade de se precaver da introdução de antracnose dos frutos *Colletotrichum kahawae* e iniciar os trabalhos de criação de cultivares resistentes;
  - **Broca.** Há necessidade de resistência genética a esta praga para ser usado no manejo integrado;
  - **Sistemas de cultivo.** Cultivo convencional, semi-adensado, adensado, super-adensado e hiper adensado exigem cultivares com diferentes características fisiológicas.
  - **Mão de obra.** Crescente escassez de mão de obra exige cultivares que reduzam a necessidade de mão de obra na colheita e cultivares adaptadas a mecanização dos tratos culturais.
  - **Novas cultivares.** Há necessidade de reduzir o tempo gasto no desenvolvimento de cultivares.

### 3. GANHO GENÉTICO ANUAL NA SELEÇÃO EM CAFÉ

O melhoramento do cafeeiro apresenta algumas particularidades muito importantes, necessitando adotar procedimentos especiais para não ser um programa de melhoramento de baixa eficiência:

- Períodos normalmente mais longos para que se obtenha as flores para a realização dos cruzamentos e para a produção de sementes;
- Uma importância maior de se avaliar bem as características agronômicas, não somente a produtividade e a qualidade, devido ao custo relativamente alto de substituição das cultivares;

- Custo alto das avaliações de campo devido a necessidade de maiores áreas e de tempo;
- Necessidade de avaliação da precocidade e longevidade produtiva;
- Necessidade de avaliação da oscilação anual da produção e
- Florescimento e produção anual sobre a mesma planta.

Estas características limitam a adoção de alguns métodos de melhoramento normalmente utilizados em cultivos anuais de forma clássica. A consequência destas características é uma menor eficiência medida pelo baixo ganho genético da seleção por ano (**G.S.a**).

**Cultivares de café tipo linhagem propagadas por sementes.** Apenas a  $\sigma^2a$  poderia ser aproveitada na seleção e, necessariamente, teríamos que conduzir as populações obtidas por algumas gerações até obter níveis de homozigose que permitissem fixar as características favoráveis, resultando em

**G.S.a** muito menor que as propagadas vegetativamente (onde  $\sigma^2g = \sigma^2a + \sigma^2d + \sigma^2i$ ) ou a obtida em plantas de ciclo anual onde ( $F_n = 1$  ano). Visa a obtenção de genótipos homozigotos na maioria dos loci, como no caso da maioria das atuais cultivares e o **G.S.a** seria bastante baixo devido a necessidade de ter pelo menos 6 anos/ciclo e pelo menos 4 gerações de seleção ( $F_n$ ):

$$\text{G.S.a. Linhagem} = \text{D.S.} \times \frac{\sigma^2a = \sigma^2G}{\sigma^2a + \sigma^2d + \sigma^2i + \sigma^2e = \sigma^2F} + (\text{Anos por ciclo} \times F_n)$$

**G.S.a** = Ganho Genético na Seleção, por ano;

**D.S.** = Diferencial de Seleção;

$\sigma^2F$  = Variância fenotípica;

$\sigma^2G$  = Variância genética;

$\sigma^2a$  = Variância genética aditiva;

$\sigma^2d$  = Variância genética dominante;

$\sigma^2i$  = Variância genética epistática;

$\sigma^2e$  = Variância ambiental.

$F_n$  = número de gerações de seleção necessárias para obtenção de cultivares.

**Cultivar do tipo clone.** Se o cafeeiro for propagada vegetativamente, a  $\sigma^2_G = \sigma^2a + \sigma^2d + \sigma^2i$  e, então, o ganho genético esperado por ano seria:

$$\text{G.S.a. Clonais} = \text{D.S.} \times \frac{\sigma^2 a + \sigma^2 d + \sigma^2 i = \sigma^2 G}{\sigma^2 a + \sigma^2 d + \sigma^2 i + \sigma^2 e} + \text{Anos por ciclo}$$

Ou seja, toda a  $\sigma^2_G$  poderia ser aproveitada e, a partir da obtenção de um genótipo superior, geralmente heterozigótica com heterose. Estas características favoráveis seriam transmitidas vegetativamente para as gerações posteriores, resultando em G.S.a. maior do que as cultivares propagadas por semente pois a herdabilidade ( $h^2 = \sigma^2 G / \sigma^2 F$ ) é maior do que a seleção para linhagens porque a  $\sigma^2 G = \sigma^2 a + \sigma^2 d + \sigma^2 i$  ao invés de  $\sigma^2 G = \sigma^2 a$ . O G.s.a. é maior ainda porque o número de gerações de seleção é apenas 1 ( $F_n = 1$ ) ao invés de 3 ou 4.

Torna-se evidente que, dependendo da forma de propagação do cafeeiro e do tipo de cultivar que se pretende obter, pode-se necessitar de maior ou menor tempo para a obtenção de genótipos superiores (**QUADRO 1**). Ao praticar seleção em gerações precoces e chegar a uma variedade com 3 gerações ao invés de 4, ganharia 6 a 8 anos. O número de anos por ciclo pode ser reduzida de 8 para 4 ou 3 anos no caso da seleção antecipada para produtividade e, no caso de métodos sem a avaliação da produtividade, pode ser reduzida para apenas 2 anos por ciclo. Em 3 gerações, a economia de tempo seria de 8, 11 ou mesmo 14 anos, considerando a necessidade de pelo menos 6 anos para ensaio preciso de competição regional.

A redução do número de anos e do número de gerações, ou seja, a redução no tempo gasto para se chegar a uma nova cultivar é o ponto chave para aumentar a eficiência ou o progresso genético no melhoramento genético do cafeeiro.

#### 4. DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES DE CAFÉ EM TEMPO REDUZIDO

A possibilidade de se conduzir um programa de melhoramento genético racional de cafeeiro envolvendo múltiplos objetivos listados no início utilizando, por exemplo, um esquema de retrocruzamento, de seleção recorrente ou de um genealógico, depende grandemente da redução do número de gerações ou ciclos de seleção e de se efetuar a seleção antecipada para produção com menor número de anos por geração. Outras características menos complexas como resistência a pragas, doenças e adversidades ambientais podem ser avaliados e selecionados durante o período juvenil (Sera, 1984; Sera, 1987).

**Quadro 1.** Tempo consumido para desenvolver cultivares de café usando diferentes alternativas de melhoramento genético.

ALTERNATIVAS	Cultivares experimentais	Avaliação regional	Multiplicação	Produção comercial
Linhagem	14	22	26	30
Linhagem+Geração precoce	8	16	20	24
Linhagem+Geração precoce+Seleção antecipada	8	12	16	20
Linhagem+Geração Precoce+SSD	7	10	14	18
Linhagem+Seleção antecipada+Back-cross	7	10	14	18
Híbrido $F_2$	6	10	14	18
Híbrido $F_1$	2	8	8	12
Clone	02	8	8	10

O desenvolvimento de cultivar do tipo linhagem inclui o estabelecimento de uma população segregante, seleção de genótipos, avaliação de genótipos e indicação de genótipos superiores para o estabelecimento de campo de produção de sementes. O tempo consumido em cada geração de seleção pode variar consideravelmente. Na comparação de estratégias alternativas, o **G.S.** precisa ser expresso em base anual (G.S.a). O melhorista precisa traçar estratégias que utilizem racionalmente os recursos humanos, espaço, material e tempo disponíveis para propiciar o maior ganho possível por ano a menor custo.

Existem procedimentos, métodos e técnicas alternativas em que o tempo gasto e o número de plantas a serem avaliados no campo durante o processo de obtenção de cultivares podem ser reduzidos drasticamente:

1. Redução do período juvenil;
2. Seleção no período juvenil;
3. Seleção em gerações precoces;
4. Seleção antecipada para produção nos anos iniciais;
5. Métodos que não avaliam a produção (população, SSD e retrocruzamento);
6. Uso de técnicas biotecnológicas / engenharia genética;
7. Obtenção de cultivares duplo-haplóides;
8. Uso da heterose de cultivares híbridas  $F_1$ ,  $F_2$  e sintéticas;
9. Propagação vegetativa para uso de cultivares do tipo clone;
10. Lançamento antecipado de cultivares.



Cada um dos métodos, técnicas e procedimentos disponíveis para o desenvolvimento de cultivares apresentam vantagens e desvantagens. A probabilidade de obtenção de uma cultivar superior pode ser aumentado pela elevação no número de genótipos superiores que podem ser testados a cada ano, porém com aumento de custos que precisam ser minimizados por estratégias alternativas, usando técnicas e procedimentos especiais, junto com métodos de melhoramento apropriados para perenes.

#### **4.1. Redução do período juvenil**

Em geral, um projeto de obtenção de cultivares envolve várias gerações de seleção. Conseqüentemente, o comprimento de uma geração de reprodução é muito freqüentemente o fator limitante para encerrar um projeto num prazo razoável. Existem diversas alternativas para reduzir o período juvenil:

- a) Seleção para genótipos de florescimento precoce;
- b) Semeadura imediata após a colheita;
- c) Condições ótimas de crescimento e
- d) Estresse nutricional, térmico e hídrico para indução floral.

#### **4.2. Avaliação e seleção juvenil para produtividade**

A seleção juvenil para produtividade pode ser praticada para as características qualitativas e quantitativas de alta herdabilidade, altamente correlacionadas com a produção. A seleção pode ser feita no estágio de plântulas, mudas no viveiro e cafeeiros jovens no campo, antes da ocorrência da primeira produção significativa aumentando a probabilidade de selecionar genótipos superiores.

**a) Seleção em plântulas no germinador.** Usando-se sementes com o mesmo tamanho, características como a relação volume radicular/volume aéreo e desenvolvimento vegetativo as piores plantas e progênies podem ser descartadas desde o estágio de folha cotiledonar até algumas folhas definitivas, antes da repicagem para o recipiente de mudas com substrato.

**b) Seleção em mudas no viveiro.** Características como a resistência a insetos, doenças, nematóides, seca, alumínio e geada podem ser selecionadas junto com outras características correlacionadas com a produção antes de serem levadas para o plantio em local definitivo.

**c) Seleção juvenil no campo.** Características como ramificação, diâmetro da planta, resistência ao vento, resistência a temperaturas extremas, número de flores ou frutos imaturos por axila e o tamanho dos frutos podem ser avaliados nas condições de campo, antes de se realizar a primeira colheita. Pode-se plantar 3 ou mais cafeeiros por cova e selecionar apenas uma. Com base em avaliações visuais de campo, pode-se eliminar algumas progênies por evidente inferioridade agrônômica.

### 4.3. Seleção antecipada para produtividade

Produtividade é uma característica quantitativa difícil de ser trabalhada. Genótipo com características qualitativas controladas por poucos genes como resistência aos parasitos são relativamente fáceis de trabalhar. Combinar estes genes valiosos com características quantitativas como a qualidade e a produtividade exigem trabalhar com milhares ou mesmo dezenas de milhares de plantas ao invés de unidades ou dezenas de plantas quando se trata de características qualitativas. A compreensão dos componentes da produção e suas correlações podem auxiliar na seleção antecipada dos genótipos promissores para produtividade.

Em cafeeiros, onde uma vez iniciada a produção, a mesma planta produz por vários anos, usualmente por 10-20 anos, a produção inicial pode não representar a produção total. Assim, podem existir genótipos que apresentam precocidade de produção, isto é, produção inicial maior, e menor longevidade de produção, isto é, senescência precoce, enquanto que podem existir genótipos com produção tardia e longevidade de produção. O genótipo ideal seria aquele que começa a produzir cedo com alta produtividade e se mantém produtivo por um período maior de tempo. Assim, é necessário e possível um sistema de avaliação antecipado da produção futura que garanta um avanço rápido em cada geração de seleção resultando em obtenção mais rápida de uma nova cultivar (**QUADROS 1 e 2**) com maiores progressos genéticos.

A identificação antecipada de genótipos mais produtivos com maior precisão do que a alcançada usando-se apenas a produção dos anos iniciais, é altamente desejável. Segundo Medina *et al.* (1984), cultivares de sucesso devem começar a produzir cedo e manter produções altas por mais anos. As melhores progênies podem ser escolhidos com base nas seis primeiras produções consecutivas para representar 15 a 20 anos de produções (Carvalho, 1952; Fazuoli, 1977; Carvalho *et al.*, 1985). Entretanto, a obtenção de produções num tal período de tempo, para uma cultura perene arbustiva que começa a produzir significativamente somente após três anos de período vegetativo ainda é consumidora de tempo, além de ser consumidora de espaço e recursos.

Sera (1987) usando as estimativas de coeficientes de correlação múltipla (R) usando a regressão múltipla obteve os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) que indicam o porcentual em que a produção real é estimada para um índice de seleção composto por características mensuráveis nos 3 primeiros anos de produção. Ao usar produções deste período obteve  $R^2=0,62$  ( $R=0,78$ ) para as 3 primeiras produções,  $R^2=0,49$  ( $R=0,70$ ) para as 2 primeiras produções e  $R^2=0,07$  ( $R=0,26$ ) para a primeira produção, esta última, sendo muito baixo.

Incluindo-se outras características correlacionadas com a produção, para as características disponíveis até o terceiro, segundo e primeiro ano de colheitas, bem como sem a produção, obteve coeficientes muito melhores:

**Três primeiros anos:**  $R^2=0,79$  ( $R=0,89$ ) usando-se as características tamanho dos grãos, produção de grãos + produção de frutos, altura da copa, diâmetro da copa, produção do 1º. biênio, incremento anual da produção no 1º. triênio e oscilação anual da produção no 1º. triênio.

**Dois primeiros anos:**  $R^2 = 0,72$  ( $R=0,84$ ) usando-se as características tamanho dos grãos, produção de grãos + produção de frutos, altura da copa, diâmetro da copa e produção do primeiro biênio.

**Primeiro ano:** .....  $R^2 = 0,57$  ( $R=0,76$ ) usando-se as características tamanho dos grãos, produção de grãos + produção de frutos, altura da copa, diâmetro da copa e 1ª. produção.

**Sem produção:** .....  $R^2 = 0,45$  ( $R=0,67$ ) usando-se apenas altura e diâmetro da copa.

**Quadro 2.** Comparação de tempo gasto na obtenção de cultivares do tipo linhagem usando-se métodos genealógico, seleção em gerações precoces, seleção em gerações precoces com tempo reduzido, Descendência de semente única (SSD) em tempo reduzido e retrocruzamento (RC) em cafeeiro *C. arabica* L

MÉTODOS DE MELHORAMENTO					
Ano	Genealógico	Seleção em gerações precoces	Seleção em gerações precoces antecipado	S.S.D. + Seleção antecipada	RC gene dominante + Seleção antecipada
1	Planta F <sub>1</sub>	Planta F <sub>1</sub>	Planta F <sub>1</sub>	Planta F <sub>1</sub>	Planta F <sub>1</sub> RC <sub>1</sub>
2	Colheita e plantio	Colheita e plantio	Colheita e plantio	Colheita e plantio	Florada e RC <sub>2</sub>
3	Florescimento	F <sub>2</sub> e Florescimento	F <sub>2</sub> e Florescimento	F <sub>2</sub> e Florescimento	Planta F <sub>1</sub> RC <sub>2</sub>
4	1ª colheita	1ª. Colheita	1ª. colheita	Colheita e plantio	Florada e RC <sub>3</sub>
5	2ª.colheita e plantio	e 2ª. colheita e plantio	2ª colheita e plantio	F <sub>3</sub> e Florescimento	Planta e F <sub>1</sub> RC <sub>3</sub>
6	F <sub>2</sub> e Florescimento	e F <sub>3</sub> e Florescimento	F <sub>3</sub> e Florescimento	Colheita e plantio	Florada e ♂
7	1ª colheita	1ª. Colheita	1ª. colheita	F <sub>4</sub> e Florescimento	F <sub>2</sub> e homozigotos
8	2ª.colheita e plantio	e 2ª. colheita e plantio	2ª. colheita e plantio	1º. Teste regional	1º. Teste regional
9	F <sub>4</sub> e Florescimento	F <sub>4</sub> e Florescimento	F <sub>4</sub> e Florescimento	2º. Teste regional	2º. Teste regional
10	1ª. Colheita	1º. teste regional	1º. teste regional	<b>CULTIVAR</b>	<b>CULTIVAR</b>
11	2ª.colheita e plantio	e 2º. teste regional	2º. teste regional	Semente básica	Semente básica
12	F <sub>5</sub> e Florescimento	3º. teste regional	<b>CULTIVAR</b>	Florada	Florada
13	1ª. Colheita	4º. teste regional	Semente Básica	1ª. Produção	1ª. Produção
14	2ª.colheita e plantio	e 5º. teste regional	Florada	LANÇAMENTO	LANÇAMENTO
15	F <sub>6</sub> e Florescimento	e 6º. teste regional	1ª. produção	Semente comercial	Semente comercial
16	1º. teste regional	<b>CULTIVAR</b>	LANÇAMENTO	Florada	Florada
17	2º. teste regional	Semente Básica	Semente comercial	<i>CAFEZAL</i>	<i>CAFEZAL</i>
18	3º. teste regional	Florada	Florada		
19	4º. teste regional	1ª. Produção	<i>CAFEZAL</i>		
20	5º. teste regional	LANÇAMENTO			
21	6º. teste regional	Semente comercial			
22	<b>CULTIVAR</b>	Florada			
23	Semente Básica	<i>CAFEZAL</i>			
24	Florada				
25	1ª. Produção				
26	LANÇAMENTO				
27	Semente comercial				
28	Florada				
29	1ª. colheita				
30	<i>CAFEZAL</i>				

Estes resultados está concordando com os resultados práticos alcançados na seleção visual e pré-seleção por Araújo (1977) e por Srinivasan(1982) e pelos trabalho de correlações e índices realizados por Walyaro & Van-Der-Vossen (1979). Comparando-se as classificações obtidas pelas progênes, com base na produções totais observadas e as estimadas antecipadamente por índices Sera (1987) verificou que para se incluir as sete melhores progênes das 72 ( $i = 10\%$ ) através dos melhores índices seriam necessários selecionar as 13 melhores nos três primeiros anos, as 20 melhores nos dois primeiros anos e as 50 melhores no primeiro ano de colheita. Portanto, seria viável antecipar a seleção com segurança razoável tendo-se dados de produção e caracteres correlacionados obtidos nos dois primeiros anos de colheitas e descartar as piores progênes com apenas uma produção anual ou mesmo sem a produção, antes da primeira colheita.

Se o objetivo da seleção é incluir entre as selecionadas as três melhores em intensidades de seleção mais brandas, ao selecionar o dobro, isto é, seis melhores divididos por  $R^2$ , as quantidades de progênes que precisariam ser selecionados seriam de 8, 9, 11 e 14, respectivamente para 3, 2, 1 e 0 anos de colheita. Não perderiam as 3 melhores progênes em nenhuma das simulações, perdendo somente as classificadas após a 5ª. posição. Assim, é viável a seleção antecipada na redução do tempo gasto no desenvolvimento de cultivares (QUADRO 2) usando-se índices de produção composto por produções iniciais e características correlacionadas e, para garantir que as progênes selecionadas antecipadamente incluam as progênes realmente superiores em produção total, é aconselhável utilizar intensidades de seleção mais brandas, tanto entre como dentro das progênes.

#### 4.4. Seleção em gerações precoces

É usado em espécies autógamas e alógamas selecionando indivíduos, linhas ou populações no estágio inicial de endogamia. O objetivo é eliminar linhas ou populações que não apresentem mérito para posterior seleção. O desempenho produtivo médio dos diferentes cruzamentos é fornecido pelo desempenho da população  $F_2$ . Da mesma forma, identifica-se  $F_2$  superiores pelo desempenho do seu respectivo  $F_3$ . Este procedimento pode identificar progênes homozigotas em gerações precoces como  $F_3$  (QUADRO 2). Embora o custo da condução dos ensaios aumente muito, como o tempo é fator limitante, é compensador.

Características de alta herdabilidade como precocidade de maturação dos frutos podem ser selecionadas em gerações  $F_2$ . Características altamente correlacionadas com a produção como vigor vegetativo, ramificação, volume

da copa e tamanho dos grãos podem ser selecionadas com sucesso. Características de baixa herdabilidade como a produção, podem ser selecionadas também na  $F_2$ , desde que a varibilidade genética do germoplasma seja alta, o tamanho populacional suficiente e o controle ambiental seja rigoroso.

#### **4.5. Métodos de melhoramento que não avaliam a produção em gerações iniciais**

Métodos de melhoramento como descendência de semente única ou "Single-Seed-Descent" (SSD), população ("Bulk") e retrocruzamento (BC), podem levar a rápido avanço nas gerações segregantes em direção a homozigose ou a ter alta semelhança ao parental recorrente. Permitem o avanço de trabalhos de melhoramento em certa etapa sem realizar a avaliação da produtividade, que são operações caras e demoradas. Uma comparação dos métodos genealógico, genealógico com seleção em gerações precoces com e sem seleção antecipada para produtividade, SSD e retrocruzamento aplicado ao cafeeiro é apresentada no **QUADRO 2**.

#### **4.6. Uso de técnicas biotecnológicas**

As técnicas da Biotecnologia como mencionadas abaixo abrem novas perspectivas para o melhoramento genético de espécies perenes como o café. (Söndhal et al., 1981; Söndhal & Loh, 1988).

**4.6.1. Cultura de embriões e meristemas.** Estas técnicas já tem aplicações práticas em pesquisa visando aumento de eficiência de programas de melhoramento (Etienne et al., 1999).

**4.6.2. Cultura de micrósporos e de óvulos.** A cultura de micrósporos ou de óvulos, pode resultar na produção de uma grande quantidade de plantas haplóides a serem duplicados e obtidas as linhagens duplo-haplóides completamente homozigotas já na geração  $F_2$  (Carneiro, 2000), apresentam um grande potencial no futuro próximo.

**4.6.3. Embriogênese somática a partir de folhas.** A embriogênese somática direta ou indireta (Etienne, et al, 1997; Etienne-Barry et al., 1999), começa a ser aplicado na redução do tempo gasto no desenvolvimento de cultivares. Esta redução no tempo é importante quando se usa cultivares do tipo clone de híbridos duplos ou simples, contendo várias características agrônômicas superiores num genótipo com heterose (Bertrand et al., 1997; Bertrand et al., 1999). O custo de produção de mudas obtidas por embriogênese somática está próximo do convencional (Söndhal et al., 2000).

**4.6.4. Transformação genética.** A transformação genética de *Coffea* por vetores como *Agrobacterium* e biobalística, para incorporar DNA exógeno no genoma do cafeeiro está-se tornando realidade (Leroy et al., 1997).

Características de grande valor inexistentes no gênero *Coffea* como a maturação uniforme de frutos (Pereira, et al., 2000) e resistência a bicho mineiro *Perileucoptera coffeella* (Dufour et al., 2000) e broca *Hypothenemus hampei* são esperados serem incorporados num futuro próximo.

**4.6.5. Seleção assistida por marcadores de DNA.** O uso de marcadores moleculares para seleção assistida sem dúvida poderá reduzir muito o tempo gasto no desenvolvimento de cultivares de café de várias formas (Lashermes et al., 1997). A seleção na fase juvenil realizada em laboratório para características qualitativas como a arquitetura da planta, cor do fruto, % de frutos com lojas vazias, resistência a parasitos dos frutos e outros determinados na fase juvenil trarão grandes benefícios na eficiência de um programa de melhoramento. Existem perspectivas para uso de marcadores para identificar genótipos heterozigotos e selecionar para os componentes das características quantitativas como a produtividade e a qualidade.

**4.6.6. Outras técnicas.** Outras técnicas como a hibridação assexuada via fusão de protoplastos, seleção “*in vitro*”, “DNA fingerprinting” e a criopreservação, entre outros, auxiliarão muito no aumento da eficiência seletiva. Estas técnicas tem a tendência para se incorporar definitivamente como ferramenta rotineira de melhoristas do futuro próximo. O melhoramento genético que começou de forma empírica evoluiu para o melhoramento científico, está caminhando em direção ao melhoramento genético biotecnológico/engenharia genética.

#### **4.7. Uso de cultivares duplo-haplóides**

Para as espécies autógamas como o café arábico, onde o produto comercial é um grão, o mais econômico para os agricultores é o uso de cultivares do tipo linhagem propagadas por sementes. O tempo dispendido para o desenvolvimento de linhagens pelo método usual é longo, geralmente em torno de 25 anos (Medina *et al.*, 1984) e este prazo pode ser reduzido para algo como oito anos.

Outro tipo de cultivar em que se usa as linhagens, são as cultivares do tipo multilinha, usado para dar maior estabilidade fenotípica a cultivar, pela mistura mecânica de diversas linhagens em proporção conhecida como é o caso da cultivar resistente a ferrugem Colômbia (Moreno-Ruiz & Castillo-Zapata, 1984). Necessita-se normalmente de muito tempo para se chegar a uma linhagem homozigota. Para reduzir este tempo, existe a alternativa de se chegar a linhagens a partir de plantas haplóides duplicadas.

Nos procedimentos usuais de melhoramento, a obtenção de cultivares do tipo linhagem é conseguida através de sucessivas gerações de auto-fecundações.

Duplo-haplóides são plantas homozigotas obtidas pela duplicação dos cromossomas de células ou tecidos haplóides. A produção de linhas diplóides homozigotas por duplicação do complemento cromossômico de indivíduos haplóides é um método alternativo de desenvolvimento de cultivares num prazo muito curto.

Existem diversos métodos de obtenção de duplo-haplóides, convencionais ou biotecnológicos, e que podem ser utilizados em plantas. Apesar de obtida cafeeiros haplóides por cultura de anteras (Carneiro & Silva, 1999), ainda não é possível a produção massal por Biotecnologia. É possível utilizar plantas haplóides obtidas por técnicas convencionais no processo de obtenção de linhagens homozigotas em cafeeiro (Charrier & Berthaud, 1988; Colombo & Sera, 2000).

#### **4.8. Uso da heterose de cultivares híbridas**

Em plantas perenes, o custo da semente híbrida pode ser amortizado por vários anos de produção, diferente da plantas anuais que precisam pagar anualmente pela semente. Se um híbrido, por exemplo, produzir 20 % a mais por ano do que uma cultivar do tipo linhagem, em cinco anos ter-se-á um adicional de produção equivalente à uma safra extra Em cafeeiro em que cada flor dá apenas duas sementes em média, pode se lançar mão de gameticidas e emasculação térmica ou mesmo usar genes de macho esterilidade ou de autoincompatibilidade para produção de sementes  $F_1$  em larga escala.

**4.8.1. Cultivares do tipo híbrido  $F_1$ .** São cultivares normalmente obtidas pela hibridação de linhagens homozigóticas ou heterozigóticas, sendo mais viável para plantas perenes que produzem muitas sementes por fruto. O uso de genes de autoincompatibilidade em cafeeiros robusta e genes de macho esterilidade em cafeiros arabica tornaria viável a produção de ementes híbridas em larga escala. Apesar disso, em *C. arabica*, autógama, é possível o plantio parcelado anual de cultivares híbridas  $F_1$  produzidas por emasculação manual em propriedades familiares (Fadelli & Sera, 2000; Sera et al., 2000).

**4.8.2. Cultivares do tipo híbrido  $F_2$ .** Caso a venda de sementes híbridas  $F_1$  seja antieconômica, pode-se, em alguns casos, cultivar comercialmente as plantas híbridas  $F_2$ , especialmente para plantas que produzem poucas sementes por fruto e que o produto é comercializado a granel como o café. Neste caso, pode-se aproveitar cerca de metade da heterose do  $F_1$ . Algumas características como a época de colheita e o tamanho da planta devem ser uniformes.

**4.8.3. Cultivar do tipo sintético.** Procura preservar o vigor de híbrido sem ter que obter as sementes híbridas toda vez que for plantar. Uma população



base de combinações híbridas com heterose de plantas alógamas são usadas para formar o lote de matrizes. Poderia ser usado em café robusta.

#### **4.9. Uso de cultivares do tipo clone**

A utilização de cultivares do tipo clone já é realidade no Brasil através do uso de estaquia convencional de alguns genótipos de café Conillon de *C. canephora* (Paulino et al., 1985; Silveira et al., 1995). Embora seja de custo elevado, a maior produtividade e uniformidade aliado a outras características de cultivares clonados, tem mantido o interesse de muitos cafeicultores a implantarem lavouras comerciais. O uso comercial de clones de híbridos de café arabica pode ser compensador para alguns produtores mais qualificados (Fadelli & Sera, 2000), produzindo anualmente mudas de estacas enraizadas, especialmente para o plantio parcelado anual em sua própria propriedade.

O uso de cultivares clonados a partir de folhas de genótipos superiores híbridos por embriogênese somática usando bioreatores (Etienne, et al., 1997; Etienne-Barry et al., 1999) está indicando suficiente estabilidade genética e viabilidade econômica (Söndhal et al., 2000).

#### **4.10. Avaliação regional, produção de sementes e lançamento antecipado de cultivares.**

Em culturas perenes, em que se necessita de vários anos para avançar uma geração de seleção, é interessante adotar um esquema apropriado de antecipação do lançamento de cultivares para aumentar a eficiência do programa de melhoramento. Para isso, é necessário gastar mais em termos de área experimental, avaliação e multiplicação de um número maior de seleções, bem como a instalação de uma área maior e de um número maior de cultivares potenciais num campo de semente básica para ganhar tempo. Em café arabica é possível ganhar pelo menos 8 anos pela condução simultânea de avaliação regional, formação de campo de semente básica e lançamento antecipado de cultivares. Neste caso, as novas cultivares potenciais devem ser identificadas por marcadores genéticos moleculares (“DNA fingerprinting”) e devem ser avançadas mais rápido na seleção pelos programas eficientes de melhoramento do que pelos eventuais usos indevidos de novos genótipos valiosos.

**Avaliação regional antecipada de seleções.** Todos os materiais promissores devem ser testados regionalmente, simultâneo a seleção final, a fim de ganhar uma etapa do processo total desde o cruzamento até o plantio comercial. Consiste em avaliar um número bem maior de progênies promissoras para incluir dentre elas as 3 primeiras seleções que poderão se tornar cultivares,

ganhando-se algo como quatro anos (Sera, 1987). Se na seleção final pretende englobar no ensaio regional as 3 primeiras e o grau de precisão na discriminação antecipada de seleções superiores for de apenas 40%, necessitaria testar 15 progênies avançadas praticando seleção mais branda para assegurar a inclusão das 3 melhores no ensaio regional.

**Instalação antecipada de campo de semente básica.** Para ganhar pelo menos mais 4 anos, devemos iniciar concomitante à instalação de ensaios regionais, campo de semente básica englobando estes génotipos promissores. As parcelas das seleções promissoras não confirmadas para a recomendação deverão ser eliminadas e substituídas por materiais confirmados e, após mais três anos, passará a fornecer semente para lavouras comerciais junto com o fornecimento de sementes fiscalizadas.

**Lançamento antecipado de cultivares.** É possível o lançamento antecipado de cultivares em gerações precoces, com certa variabilidade para características sem muita importância agrônômica mas com suficiente vantagem econômica para produtividade, tamanho dos grãos e com qualidade. Permite lançar versões inacabadas com características de alto valor agrônômico com pelo menos 4 anos de antecedência como por exemplo para pragas e doenças chaves, qualidade, etc, com alto retorno econômico-social para os agricultores. O prosseguimento da seleção permite o lançamento posterior de versões melhores.

## **5. DESENVOLVIMENTO DE CULTIVARES ARA DIFERENTES PROBLEMAS**

Os principais projetos de pesquisa relacionados ao desenvolvimento de cultivares de café no Brasil estão sendo executados por entidades de pesquisa participantes do recém criado Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café (Consórcio Bras. de P&D-Café). Participam de forma descentralizada Institutos, Empresas e Fundações de pesquisa, Universidades, Associações e Empresas de assistência agrônômica de atuação estadual e nacional, coordenada pela Embrapa-Café. Os avanços alcançados em melhoramento genético para os problemas nacionais e regionais da cafeicultura brasileira são a seguir apresentados.

### 5.1. Ferrugem *Hemileia vastatrix*

Programas de melhoramento iniciadas há muito tempo e executadas por muitas entidades e, em grande intensidade na Seção de Genética do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e Universidade federal de Viçosa (UFV) em colaboração com o Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), vem oferecendo novas variedades produtivas com qualidade e com resistência vertical ou horizontal à ferrugem *Hemileia vastatrix* (Bettencourt & Rodrigues, 1988) Cultivares desenvolvidas por diversas entidades de pesquisa lançaram cultivares como Icatu Vermelho, Icatu Amarelo, Iapar-59, Icatu Precoce, Tupi, Obatã, Catucaí, Oeiras, Sabiá e outras em fase de preparação para o lançamento, mostram o alto retorno do investimento na pesquisa em melhoramento genético.

### 5.2. Minador *Perileuoptera coffeella*

O minador das folhas de café tem se tornado nos últimos anos a principal praga de café. Dentre as espécies de *Coffea*, *C. stenophylla* e *C. racemosa* apresentam nível de resistência elevadas. A resistência é controlada por dois genes de ação dominante e complementares em *C. racemosa* e de ação recessiva em *C. stenophylla* (Guerreiro et al., 1999). A partir de plantas tetraplóides originadas de hibridação natural entre *C. racemosa* e *C. arabica* e retrocruzadas para cultivares atuais de *C. arabica* já apresentam seleções avançadas com resistência ao minador (Guerreiro et al., 2000), ainda com qualidade insuficiente.

### 5.3. Nematóide de galhas

Foi lançado cultivar porta-enxerto Apotã de *C. canephora* com resistência ao nematóide de galha *Meloidogyne exigua* e *M. incognita* para o estado de São Paulo (Fazuoli, 1981; Fazuoli et al., 1983) Também apresenta resistência ao nematóide *M. paranaensis* em grau variável.

Dentre as variedades de *C. arabica* a cultivar Iapar-59 apresenta resistência completa a *M. exigua* (Bertrand et al., 1999). A linhagem IAC 4782-925 de “Icatu” apresenta resistência incompleta em alto nível a *M. incognita* (Matiello et al., 1998). A linhagem avançada IaparLN94066 de “Catucaí x Icatu” de qualidade e alta produtividade apresenta moderada resistência a *M. paranaensis* em condições de população muito elevada no campo (Sera et al., 2000).

Novas seleções de *C. arabica* de sementes graúdas e de precocidade de

maturação dos frutos bem como de porta-enxertos de *C. canephora* com resistência a todas as raças de *M. incognita* (raças 1, 2, 3 e 4) e a *M. paranaensis* vem sendo desenvolvidas.

#### 5.4. Outras doenças e pragas

**5.4.1. Antracnose dos frutos *Colletotrichum kahawae*.** O germoplasma "Icatu" e outras com genes de *C. canephora*, bem como alguns acessos de *C. arabica* da Etiópia têm apresentado resistência. Na ausência da estirpe virulenta no Brasil, será usada a seleção assistida por marcadores.

**5.4.2. Bacteriose *Pseudomonas syringae* pv *garcae*.** O gene Sh<sub>1</sub> de resistência à ferrugem também confere resistência completa a este patógeno (Moraes et al., 1974; Cardoso & Sera, 1983). Algumas seleções avançadas com genes de resistência à ferrugem vem se mostrando promissoras.

#### 5.5. Geadas

Existem dois tipos de geadas, a geada branca ou geada de irradiação que afeta mais os cafezais em terrenos mais baixos e a geada negra também conhecida como geada de vento que afeta mais cafezais em áreas altas ou face de exposição Sul. Existem dois grupos de cultivares, normal ou altas e compacta ou baixas. As cultivares altas são cerca de 30% menos suscetíveis às geadas brancas (Caramori & Sera, 1979). As cultivares baixas são cerca de 30% menos suscetíveis às geadas negras, de vento. Para otimizar o uso das cultivares e reduzir os danos em 30% é recomendado o plantio de cultivares altas em terrenos mais sujeitas à geada de irradiação e cultivares compactas em áreas sujeitas a geadas de vento.

Uma outra forma de reduzir os danos de geada manejando bem o uso de cultivares, é reduzir o risco de perda de safra de 2 para 1 ano, evitando-se plantar cultivares de maturação tardia em áreas mais sujeitas às geadas. Frutos verdes aquosos ou mal granados são mais suscetíveis do que as folhas. Em caso de geadas, além de perder os ramos produtivos da próxima safra, perde-se os frutos imaturos existente no cafeeiro, podendo duplicar o dano, situação que tornaria insustentável o cultivo de café. Assim, ao plantar cultivares mais precoces pode-se reduzir a perda de duas safras para apenas uma, o que equivaleria a perda normal semelhante a safra pequena devido ao ciclo bienal de produção sem a geada especialmente em cultivo intensivo com alta população de plantas/ha.

As espécies *C. racemosa* e *C. liberica* var. *dewevrei* são 30% menos suscetíveis à geada quando comparada com *C. arabican* (Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, 1978). Existe a possibilidade de transferir boa parte

desta resistência quantitativa para *C. arabica*, para reduzir o dano das geadas severas em moderadas o que seria suficiente para região de transição de ocorrência de geadas como o Norte do Paraná, São Paulo, Sul de Minas e Mato Grosso do Sul. Existem algumas seleções avançadas de arquitetura compacta com resistência a ferrugem no germoplasma Catuaí x Icatu que são menos suscetíveis que Catuaí bem como progênies de “Piatã” (*C. arabica* x *C. liberica* var. *dewevrei*) x Catuaí com nível de suscetibilidade semelhante a *C. liberica* var. *dewevrei*.

### 5.6. Seca

Para as regiões de transição de deficiência hídrica ocasional ou para onde a irrigação é necessária, seria importante o uso de cultivares com menor suscetibilidade a deficiência hídrica, melhorando a produtividade, reduzindo o custo da irrigação e otimizando o uso da água em crescente escassez.

A cultivar Robustão Capixaba de *C. canephora* var. *kouillou* é 30% menos suscetível a seca que cultivares clonais EMCAPA 75% menos suscetível que cultivares melhoradas de sementes (Ferrão et al., 1999). Cafeeiros de porte maiores como o Icatu e Mundo Novo parecem tolerar melhor a seca especialmente nos estádios iniciais do desenvolvimento.

Cafeeiros com sistema radicular, arquitetura da copa e comportamento fisiológico mais apropriado para condições de seca existentes em genótipos de *C. arabica* podem ser selecionados. Cafeeiros *arabica* provenientes da Etiópia e *C. arabica* com os genes de *C. racemosa*, *C. canephora* e *C. liberica* var. *dewevrei* são materiais genéticos que poderão ser pesquisados. Seleções desenvolvidas em Kênia como Kenya 1, Kenya 2, SL 28 e SL30 parecem ser menos suscetível a seca (Carvalho, 1988). A enxertia de cultivares de *C. arabica* sobre cafeeiros de *C. canephora* menos suscetíveis à seca seria uma possível solução de curto prazo.

### 5.7. Solos pobres e ácidos

O Brasil tem uma área muito extensa do território apta para o cultivo de café. Para as áreas ácidas com indisponibilidade de fósforo e níveis baixos de cálcio e magnésio, uma menor suscetibilidade à acidez, à toxidez de alumínio e manganês e maior eficiência na absorção de fósforo poderia ser suficiente. A tolerância do cafeeiro ao alumínio está relacionado com a melhor eficiência de uso de fósforo e cálcio (Braccini et al, 1998). Passo & Ruiz (1995) relatam que a cultivar Conilon (*C. canephora*) foi mais suscetível que o a cultivar Catuaí (*C. arabica*) para o alumínio, sendo igual com relação ao manganês. Em pH 4,0 com elevado nível de alumínio Braccini et al. (1998) classificou os

genótipos de café em tolerante, moderadamente tolerante, moderadamente sensível e sensível, indicando as progênies UFV 1359 e UFV2149 como tolerantes.

Para solos com níveis pobres, abaixo do baixo, para maioria dos elementos químicos, cafeeiros com maior volume e superfície radicular absorvente, além da menor suscetibilidade à acidez, produziriam melhor com níveis nutricionais mais baixos. Neste aspecto, cafeeiros mais vigorosos com sistema radicular mais eficiente de *C. liberica var. dewevrei* e *C. canephora* usados como porta enxertos ou o uso de genes destas espécies em *C. arabica* contribuiria para reduzir o custo da nutrição e aumentaria a produtividade. Cafeeiros arabica enxertados sobre o porta enxerto resistente ao nematóide Apatã de *C. canephora var. robusta* apresenta produtividade superior ao sem enxerto em solos sem o nematóide (Fahal et al., 1998).

### **5.8. Colheita**

A colheita é uma das operações mais importantes na cultura do café. A qualidade e, conseqüentemente, o preço do produto depende da colheita bem feita e a colheita é o item mais oneroso no custo de produção de uma saca de café.

Para facilitar a produção de uma maior proporção de café de qualidade a menor custo, o uso adequado de variedades é de fundamental importância. As variedades recomendadas para cultivo (Sera & Guerreiro, 1999) podem ser classificadas em precoces (Ex. Icatu Precoce), semi-precoces (Ex. Iapar-59), medianos (Ex. Mundo Novo 388-17), semi-tardios (Ex. Tupi) e tardios (Ex. Catuaí, Rubí). Para cafés robustas há cultivares clonais precoce (Emcapa 8111), média (Emcapa 8121) e tardia (Emcapa 8131) para escalonar a colheita (Bragança et al., 1993). A necessidade de mão de obra, infra-estrutura e equipamentos poderiam ser reduzidos para menos da metade e reduziria os riscos de chuvas contínuas na época de colheita que depreciaria a qualidade e encareceria a colheita derrubando os frutos secos no chão.

Cultivares de arquitetura compacta, de porte médio (Catuaí) ou pequenos (Iapar-59), aumenta muito a produtividade da mão de obra na colheita como também da colheita mecanizada. Cultivares de maturação dos frutos mais uniformes e mais persistentes no ramo após a maturação seriam de grande interesse. A transformação genética usando genes de maturação uniforme (Pereira et al., 2000) seria de grande impacto para facilitar a colheita e melhorar a qualidade.

### 5.9. Qualidade

Todas as cultivares de café recomendadas apresentam potencial para qualidade fina e extra-fina dependendo muito do uso adequado em diferentes ambientes e sistemas de cultivo no Brasil. Além do uso de técnicas adequadas de torrefação e de processamento pós-colheita, há necessidade de especial ênfase nas tecnologias para qualidade na colheita, pré-colheita e pré-plantio.

Tem sido dada ênfase em qualidade na colheita. As tecnologias para qualidade executadas na pré-colheita é muito mais importante. Cada cultivar tem características próprias, não existindo nenhuma cultivar igual a outra com relação aos muitos fatores que influenciam na qualidade como a composição química dos frutos e dos grãos, o ambiente de cultivo como espaçamento de plantio, poda, nutrição e manejo fitossanitário, o preparo do produto e a tecnologia de torrefação.

Duas condições são extremamente importantes na expressão do potencial de qualidade das cultivares: a nutrição e a sanidade dos frutos. As novas cultivares, por serem menores que 'Catuaí' e comportarem maiores quantidades de árvores por ha e de terem frutos bem maiores, são freqüentemente mais produtivos em 20% por área.. Faltando nutrientes em 20% ocorre "seca de ramos" nutricional, frutos mal nutridos e maior incidência de doenças nutricionais como a cercosporiose *Cercospora coffeicola*. Frutos mal nutridos dão origem a grãos sem qualidade química. Frutos mal nutridos com alta infecção de cercosporiose, mesmo as cultivares como Catuaí pode podem produzir frutos deficientes em açúcares tão importantes em vários componentes da qualidade e pode adquirir sabor químico estranho ou sabor de fungo. O adicional de produtividade e qualidade obtida pela nutrição suficiente compensaria amplamente.

Para tecnologia pré-plantio, o uso de uma combinação de 4 cultivares pertencentes a grupos de maturação diferentes, desde precoce até tardias como já exposto no item anterior, é fundamental para tornar realidade a produção de uma maior proporção de café de qualidade a custo muito menor. As cultivares tardias devem ser evitadas em regiões frias para reduzir a desuniformidade de maturação e cultivares precoces nas áreas muito quentes para reduzir a maturação química incompleta. Cultivares mais precoces ou mais tardias devem ser usadas também de acordo com o regime de chuvas da região, evitando-se chuvas na colheita. Cultivares tardias devem ser evitadas em áreas mais sujeitas a geadas que afetam os frutos verdes. Para não confundir os frutos imaturos com os frutos de cor amarela no estágio ideal de maturação,

evitar cultivares de frutos amarelos em propriedades que usam o sistema de colheita manual.

As linhagens avançadas com produtividade são testados (Sera & Bacetti, 2000) antes pelos provadores pelo sistema ABIC. Para conhecer qualidades em mais detalhe são submetidas a painés OIC e café espresso e para conhecer todos os componentes da qualidade como fragrância, aroma, adstringência, doçura, corpo, acidez, qualidade de torra e sabores estranhos.

Existe a possibilidade de desenvolver cultivares de qualidade especial com diferentes aromas, teor mais baixo ou alto de cafeína, teor mais alto de sólido solúveis, mais e menos corpo, mais graúdas, etc., especialmente os cafés com mais sanidade pela resistência a pragas, doenças e nematóides. A qualidade de xícara parece ser herdada de forma dominante em cruzamentos *C. arabica* x *C. canephora* e *C. arabica* x *C. liberica* var. *dewevrei* (Carvalho, 1988).

### 5.10. Sistemas de cultivo

As alternativas de sistemas de cultivo bem como o as cultivares preferenciais são:

**Convencional (>3,0 x 0,6m).** Portes grandes como Mundo Novo e Icatu e de porte médio como Catuaí.

**Semi-adensado (2,5 x 0,6m).** Portes médios como Catuaí e Obatã e pequenos como o Iapar-59 e Tupi.

**Adensado (2,0 x 0,5m).** Arquiteturas compactas, pequenos como Iapar-59 e Tupi e médios como o Catuaí.

**Superadensado (<1,5m x 0,5m).** Porte pequeno como Iapar-59 e Tupi e médio como Obatã.

Diversos germoplasmas em seleção como “Sarchimor”, “Catimor”, “Icatu”, “Catuaí x Icatu”, “Sarchimor x Catuaí” e “Sarchimor x Mundo Novo” mais apropriados para plantios adensados estão em fase de testes regionais para os diferentes espaçamentos para avaliar a produtividade por área, qualidade e custo dos tratos culturais e da colheita.

Arquitetura da copa cilindro-cônico, cônico ou erecto podem aumentar a produtividade por área em cultivos adensado e superadensado pela melhor penetração de luz sobre os nós produtivos. A precocidade produtiva existente em cultivares de porte pequeno do germoplasma Caturra, Catimor e Sarchimor pode ser importante em sistemas de cultivo intensivo irrigados ou não, mecanizados ou não e conduzido por podas sistemáticas frequentes.



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento estratégico de um programa de melhoramento do cafeeiro é vital e decisivo na vida do melhorista. É necessário além de um profundo conhecimento de todos os aspectos do sistema de cultivo, desde as origens e evolução da espécie de *Coffea* até as exigências do consumidor e a competição comercial global, para evitar que o trabalho de uma vida toda resulte em poucos resultados.

O erro de estratégia é muito frustrante, pois não tem muito mais tempo para um pesquisador que desenvolve uma cultivar de café em reiniciar ou aperfeiçoar o programa, porque frequentemente gasta-se mais de 20 anos a partir do cruzamento para se chegar a uma cultivar de sucesso. O diagnóstico da cultura com seus problemas e potencialidades e o conhecimento prático da cultura para intervenção, mais certa possível, atacando prioridades maiores dentro das altas prioridades é fundamental.

O fator tempo, limitante para o desenvolvimento de cultivares pode ser minimizado muito, reduzindo de 20 para 10 anos mudando-se alguns procedimentos simples na estratégia de desenvolvimento de cultivares e nos métodos e técnicas de melhoramento e agregando novas ferramentas como as técnicas biotecnológicas, informática e bioestatística. O ganho genético por ano pode dar um salto com pequeno adicional de investimento nestas pesquisas em função da maior disponibilidade de recursos humanos, materiais, tempo e espaço.

## 7. REFERÊNCIAS CITADAS:

1. Araújo Neto, K. (1978), Avaliação preliminar de progenies de *Coffea arabica* pela estimativa simultânea de vigor vegetativo e carga pendente. 6<sup>th</sup> Congr. Bras. de Pesq. Cafeeiras, Ribeirão Preto, Brazil. p.110-113
2. Braccini, M. C. L.; Martinez, H. E. P.; Pereira, P.R. G.; Sampaio, N. F.; Silva, E. A M. (1998), Tolerância de genótipos de cafeeiro ao alumínio em solução nutritiva. I. Crescimento e desenvolvimento da parte aérea e sistema radicular. *Rev. Bras. de Ciência de Solo*, 22 (3):435-442

3. Braccini, M. C. L.; Martinez, H. E. P.; Pereira, P.R. G.; Sampaio, N. F.; Silva, E. A. M. (1998), Tolerância de genótipos de cafeeiro ao alumínio em solução nutritiva. II. Teores de P, Ca e Al e eficiência de P e Ca. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 22(3):443-450
4. Bertrand, B. (1999), El mejoramiento genético en América Central. In-*Desafios de la Caficultura en Centroamerica*, B. Bertrand and B. Rapidel (ed.), Editorial Agroamerica, San Jose, pp. 407-456
5. Bertrand, B.; Aguilar, G.; Santacreo, R.; Anthony, F.; Ethienne, H.; Eskes, A.; Charrier, A. (1997), Comportamento d'híbridos F1 de *Coffea arabica* pour la vigueur, la production et la fertilité en Amérique Centrale. *17<sup>th</sup> Intern. Scient. Colloq. on Coffee*, July 20-25, Nairobi, Kenya
6. Bettencourt, A. J. and Rodrigues Jr, C. J. (1988), Principles and practices of coffee breeding for resistance to rust and other diseases. In: *Coffee - Agronomy*, R. J. Clarke and R. Macrae (ed.), Elsevier Applied Science, Essex, England, pp. 199-234
7. Bragança, S. M.; Fonseca, A. F. A.; Ferrão, R. G.; Silveira, J. S. M.; Carvalho, C. H. S. (1993), EMCAPA 8111, EMCAPA 8121, EMCAPA 8131: primeiras variedades clonais de café Conilon lançadas para o Espírito Santo. In: *Cong. Bras. de Pesq. Cafeeiras*, 19, Resumos. Três Pontas, Rio de Janeiro, IBC/GERCA, p. 46-47
8. Caramori, P. H. & Sera, T. (1979), Influência do porte do cafeeiro no dano provocado por geadas. In: *Cong. Bras. de Pesq. Cafeeiras*, 7, Resumos. Araxá, Rio de Janeiro, IBC/GERCA, p. 133-134
9. Cardoso, R. M. L. & Sera, T. (1983), Obtenção de cultivares de *C. arabica* L. com resistência simultânea à *Hemileia vastatrix* e *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* no estado do Paraná-Brasil. *Simp. sobre Ferrugens do Cafeeiro*, Oeiras, Portugal, p. 415-423
10. Carneiro, M. F. & Antão da Silva, C.M. (1999). Androgenesis in some "Catimor" progenies. *18<sup>th</sup> International Conference on Coffee Science* (Helsinki). Paris:ASIC, PA 741.
11. Carneiro, M. F. (2000), Avanços na obtenção de di-haplóides em cultivares de *Coffea arabica*. *3<sup>rd</sup> Intern. Sem. on Biotechnology in the Coffee Agroindustry*, Londrina, Brazil, p. 55-58
12. Carvalho, A.(1952), Melhoramento do cafeeiro: vi. estudo e interpretação para fins de seleção de produções individuais na variedade bourbon. *Bragantia*, 12(6):179-200
13. Carvalho, A (1988). Principles and methods in coffee plant breeding. In: *Coffee - Agronomy*, R.J. Clarke and R. Macrae (ed.), Elsevier Applied Sc., Essex, England, p. 167-197

14. Charrier, A & Berthaud, J. (1988), Principles and practices of coffee plant breeding for productivity and quality factors: *Coffea arabica*. In: *Coffee - Agronomy*, R. J. Clarke and R. Macrae (ed.), Elsevier Applied Science, Essex, England, pp. 129-165
15. Colombo, L. A.; Sera, T. (2000), Identificação e resgate de embriões gêmeos em *C. arabica* visando obtenção de plantas haplóides por meio convencional. 8ª. *Reunião Anual da Soc. Bras. Pesq. Nikkeis*, 4 (1), Curitiba, Paraná, Brasil, Anais... p62-63.
16. Dufour, M.; Leroy, T.; carasco-Lacombe, C.; Philipe, R.; Fenouillet, C. (2000), 3<sup>rd</sup> *Intern. Sem. on Biotechnology in the Coffee Agroindustry*, Londrina, Paraná, Brazil, p. 507-510
17. Etienne, H.; Bertrand, B.; Anthony, F.; Côte, F.; Berthouly, M. (1977), L'émbriongênese somatique: un outil pour l'amélioration génétique du caféier. 17<sup>th</sup> *Inten. Scient. Colloquium on Coffee*. Juillet, 20-25, Nairobi, Kenya
18. Etienne-Barry, D.; Bertrand, B.; Vasquez, N and Etienne, H. (1999), Direct sowing of *Coffea arabica* somatic embryos mass-produced in a bioreactor and regeneration of plants. *Plant Cell Reports*, 19:111-117
19. Fadelli, S.; Sera, T. (2000), Enraizamento de estacas de genótipos de *Coffea* spp. em relação ao tipo de estaca. 8ª. *Reunião Aa. da Soc. Bras. Pesq. Nikkeis*, 4(1), Curitiba, Brasil, Anais, pp.61-62
20. Fadelli, S.; Sera, T. (2000), Custo de produção manual de sementes híbridadas de café. 3<sup>rd</sup> *Intern. Sem. on Biotechnology in the Coffee Agroindustry*, Londrina, Brazil, p. 251-254
21. Fahal, J. I.; Carelli, M. L. C.; Costa, W. M.; Novo, M. S. S. (1998), Efeito da enxertia na nutrição mineral, crescimento e produção do cafeeiro. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 24, Londrina. Resumos. Poços de Caldas, Rio de Janeiro, IBC/GERCA, p. 279-282
22. Fazuoli, L. C. (1977), *Avaliação de progenies de café 'Mundo Novo' (Coffea arabica L.)*. MS. Thesis, Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brazil
23. Fazuoli, L. C. (1981). Resistance of coffee to the root-knot nematode species *Meloidogyne exigua* and *M. incognita*. *Colloque Intern. sur protection des cultures tropicales*, Lyon, France. p. 57.
24. Fazuoli, L. C.; Costa, W. M.; Gonçalves, W. & Fernandes, J. A. R. (1983). Identificação de resistência em *Coffea canephora* e *C. congensis* ao nematóide *Meloidogyne incognita*, em condições de campo. *Ciência e Cultura*, São Paulo, 35 (7):20 (Suplemento).
25. Fazuoli, L. C.; Costa, W. M.; Gonçalves, M.; Lima, M. M. A. & Fernandes, J. A. R. (1984). Café Icatu como fonte de resistência e/

- ou tolerância ao nematóide *Meloidogyne incognita*, *Cong. Brasileiro de Pesq. Cafeeiras, 11*, Londrina. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, p. 247-248.
26. Fonseca, M. E. S. de; Araújo, P. F. C. de; Pedroso, I. A. (1978), *Retorno social aos investimentos em pesquisa na cultura do café*, Badesp, São Paulo, São Paulo, Brazil
27. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, (1978) relatório técnico Anual, Londrina, 256 p.
28. Lashermes, P.; Agwanda, C. O.; Anthony, F.; Combes, M.C.; Troust, P.; Charrier, A. (1997), Molecular marker assisted selection: a powerful approach for coffee improvement. *17<sup>th</sup> Intern. Scient. Colloq. on Coffee*, July 20-25, Nairobi, Kenya
29. Leroy, T.; Royer, M.; Paillard, M.; Berthouly, M.; Spiral, J.; Tessereau, S.; Legavre, T.; Altosaar, I. (1997), Introduction de gènes d'intérêt agronomique dans l'espèce *Coffea canephora* Pierre par transformation avec *Agrobacterium sp.* *17<sup>th</sup> Intern. Scient. Colloq. on Coffee*, Nairobi, Kenya
30. Leroy, T.; Henry, A.M.; Philippe, R.; Royer, M.; Deshayes, A.; Frutos, R.; Duris, D.; Dufour, M.; Tessereau, S.; Jourdan, I.; Bossard, G.; Lacombe, C. & Fenouillet, C. (1999). Genetically modified coffee trees for resistance to coffee leaf miner. Analysis of gene expression, insect resistance and agronomic value. *18<sup>th</sup> Intern. Conference on Coffee Sci.* (Helsinki). Paris:ASIC, p 209.
31. Matiello, J. B.; Almeida, S. R.; Carneiro Fo., F. (1998), Novo cultivar resistente ao nematóide *Meloidogyne incognita*, à ferrugem do cafeeiro e com boa produtividade. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 24*, Poços de Caldas. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, P. 2-3
32. Medina, H. P.; Carvalho, A.; Söndahl, M. R.; Fazuoli, L. C.; Da Costa, W. M. (1984), Coffee breeding and related evolutionary aspects. *In-Plant Breeding Reviews*, J. Janick (ed.), Avi, Westport, pp. 157-194
33. Moraes, S. A.; Sugimori, M. H.; Thomaziello, F. M. & Carvalho, P. T. C. (1974), Resistência de cafeeiros a *Pseudomonas garcae*. In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras, 2.*, Poços de Caldas – MG, Resumos...Rio de Janeiro, IBC, p. p. 183.
34. Moreno-Ruiz, G. & Castillo-Zapatta, J. (1984), La variedad Colômbia – Uma variedade de café com resistência a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.). *Centro Nacional de Investigaciones de Café – CENICAFÉ*, Chinchiná, Caldas, Colômbia

35. Passos, R. R. & Ruiz, H. A. (1995), Tolerância dos cafeeiros Conilon e Catuaí a toxidez causada pelo alumínio e manganês. *Revista Ceres*, 22 (239):45-52
36. Paulino, A. J.; Matiello, J. B. And Paulini, A. E. (1985), *Produção de mudas de café Conilon por estacas*. Min. da Indústria e do Comércio – Inst. Brasileiro do Café, Rio de Janeiro, Brazil
37. Pereira, L. F.; Kobayashi, A. K.; Vieira, L. G. (2000). Desenvolvimento de plantas modificadas geneticamente com vistas a uniformidade de maturação de frutos de café. *3<sup>rd</sup> Intern. Seminar on Biotechnology in the Coffee Agroindustry*, Londrina, Brazil, p. 37-41
38. Sera, T. (1979), Zoneamento de cultivares de café para o estado do Paraná. Paper presented at *7<sup>th</sup> Congr. Bras. Pesq. Cafeeiras*, Dec. 7-9, Ribeirão Preto, São Paulo, Brazil
39. Sera, T. (1980), Estimação dos componentes da variância e do coeficiente de determinação genotípica da produção de grãos de café (*Coffea arabica* L.). M.S. Thesis, 62 pp. *Universidade de São Paulo*, Piracicaba, São Paulo, Brazil
40. Sera, T. (1984), Seleção precoce para produção no melhoramento genético de plantas perenes. Monography, *Universidade de São Paulo*, Piracicaba, São paulo, Brazil
41. Sera, T. (1987), Possibilidade de emprego de seleção nas colheitas iniciais de café (*Coffea arabica* L. cv. Acaíá). PhD Thesis, *Universidade de São Paulo*, Piracicaba, São Paulo, Brazil
42. Sera, T. and Alves, S. J. (1999), Melhoramento genético de plantas perenes. In- *Melhoramento Genético de Plantas*, D. Destro & R. Montalván (ed.) Editora UEL, Londrina, pp. 369-422
43. Sera, t.; Bacetti, M. A. (2000), Qualidade de bebida da cultivar de café Iapar-59 e outras. *3<sup>rd</sup> Intern. Sem. on Biotechnology in the Coffee Agroindustry*, May 14-28, Londrina, Brazil, p. 457-458
44. Sera, T.; Fadelli, S.; Alteia, M. Z.; Colombo, L.A.; (2000), Viabilidade de produção de sementes de café F<sub>1</sub> para cultivo comercial em pequenas propriedades. *8<sup>a</sup> Reunião Anual da Soc. Bras. Pesq. Nikkeis*, 4 (1), Curitiba, Paraná, Brasil, Anais..., pp. 62.
45. Sera, T. & Guerreiro, A. (1998). Dano de geada e as características agrônômicas das variedades de café (C. arabica L.) In: *Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeeiras*, 24, Poços de Caldas. Resumos. Rio de Janeiro, IBC/GERCA, P. 2282-2284
46. Sera, T. ; Guerreiro, A. (1999), Diversificação varietal por maturação para obtenção de café de qualidade a menor custo em plantio adensado

- no estado do Paraná-Brasil. 8ª. *Reunião Anual da Soc. Bras. Pesq. Nikkeis*, 4 (1), Curitiba, Paraná, Brasil, Anais..., pp. 238-240.
47. Sera, T.; Siqueira, J. da M.; Sanches, R. S.; Alteia, M. Z.; Colombo, L. A.; Fadelli, S.; Azevedo, J. A. (2000), Iapar94066, cultivar de café arábica resistente ao nematóide *Meloidogyne paranaensis*. 8ª. *Reunião Anual da Soc. Bras. Pesq. Nikkeis*, 4 (1), Curitiba, Paraná, Brasil, Anais... pp.62-63
48. Silveira, J. S. M. and Fonseca, A. F. A. (1995), *Produção de Mudanças Clonais de Café Conilon em Câmara Úmida sob Cobertura de Folhas de Palmeira*. Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária – EMCAPA, Vitória, Espírito Santo, Brazil
49. Söndahl, M. R.; Mônaco, L. C.; Sharp, W. R. (1981), *In vitro* methods applied to coffee. In-*Plant Tissue Culture - Methods and Applications in Agriculture*, Thorpe (ed.), Academic, New York, USA, pp. 325-348
50. Söndahl, M. R. and Loh, W. H. T. (1988), Coffee biotechnology. In-*Coffee (v.4): Agronomy*, R. J. Clarke and R. Macrae (ed), Elsevier, London, pp. 236-262
51. Söndhal, M. R.; Söndhal, C. N.; Gonçalves, W. (2000), Custo comparativo de diferentes técnicas de clonagem em café. 3ª Intern. Seminar on Biotechnology in the Coffee Agroindustry, May 14-28, Londrina, Paraná, Brazil, p.59-65
52. Srinivasan, C.S. (1982), Pre-selection for yield in coffee. *Indian Journal of Genetics*, 42(1):15-19
53. Stevens, W.L. (1949), Análise estatística do ensaio de variedades de café. *Bragantia*, 9 (5-8):103-123
54. Walyaro, D. J. and Van der Vossen, H. A. M. (1979), Early determination of yield potential in arabica coffee by applying index selection. *Euphytica*, 28:465-472

## **THE APPLICATION OF BIOTECHNOLOGY FOR THE IMPROVEMENT OF COFFEE**

*John I. Stiles<sup>1</sup>*

Despite considerable controversy, biotechnology is having a significant impact on modern agriculture. For example, the 2000 crop estimates for the U.S. indicate that about 25 % of the corn, 54% of the soybeans and 61% of the cotton acreage will be biotech. With the exception of corn, this is a significant increase over the 1999 biotech crop. The major biotech traits currently in use are insect resistance using the BT gene and herbicide resistance. However, this is merely the first wave of biotech crops; crops with many new traits are now in development.

The advantage of genetic engineering is that genes from any organism may be used; one is not limited to only that germplasm available through sexual crossing. Furthermore, genetically engineered plants do not require extensive breeding to recover non-target traits (such as cup quality), as is the case with traditional breeding programs. This is especially important in specialty coffee where cup quality is paramount for maximum value. On the other hand, complex traits, especially those involving quantitative genetics (more than one gene) are still problematic. This at least partly results from lack of detailed knowledge about the identity and function of the individual genes making up these multi-gene traits. The recent advances in genomics may alleviate these problems in the near future.

Biotechnology can play an important role in coffee improvement because of the long term breeding cycle and the need to maintain cup quality for optimal value. The introduction of single traits such as resistance to a specific disease into coffee using biotechnology can increase the rate of new variety development over traditional breeding since only a single change is involved; the remaining traits, including cup quality, are unchanged. Furthermore, general types of resistance may be possible so that resistance to a wide variety of fungal and bacterial pathogens or nematodes could be imparted by a single genetic modification. This should result in more reliable yields and decreased chemical use benefiting both the grower by reducing production costs and the environment. There is also the prospect of new products such as caffeine-free coffee that will have an added value in the specialty market.

---

<sup>1</sup> Chief Scientific Officer, Integrated Coffee Technologies, Inc. : Four Waterfront Plaza, Suite 575  
500 Ala Moana Boulevard, Honolulu, Hawaii 96744 USA

However, at present there are certain limitations to the utilization of biotechnology in coffee, most significant being the relative inefficiency of the current transformation protocols. This lag in technology development and adaptation to coffee is the result of lack of research, at least as compared to certain major temperate crops such as maize. However given recent interest in coffee biotechnology and new developments in transformation technologies such as the introduction of new selectable markers, it is anticipated that these problems will be overcome and biotech coffee plants will be produced that are more environmentally friendly and give a consistently high quality product.



## **LA SECA DEL CAFÉ COMO FACTOR DE CALIDAD CAFÉ DESCASCADO Y SECADO EN PARIHUELA**

*Gigi Micheli<sup>1</sup>*

### **RESUMEN**

Señores productores, Señoras y Señores, os agradezco mucho por haberme dado la posibilidad de hablar de los problemas de la calidad del café.

Trabajo desde hace 34 años en el sector del café con la firma Illycaffé. Durante estos últimos 15 años en calidad de comprador de café y desde 1989 en calidad de visitador anual de los 14 países productores de café, en tres continentes. La razón principal de este viaje es la transferencia de información sobre la definición de CALIDAD, la preparación y la evaluación junto con los responsables de la elaboración del café, tanto por lo que se refiere a la preparación natural (sun dry), como el despulpado (washed).

Todo el mundo sabe que la calidad depende del tipo de planta, del medio ambiente ecológico, de la elaboración, del reposo en el almacén y de una correcta protección durante el transporte.

Todas las alteraciones que ocurren durante la larga serie de acontecimientos, desde la recolección de la baya hasta la boca del consumidor influyen la calidad del grano.

Nosotros somos especialistas en la preparación del café ESPRESSO.

El espresso puede concentrar en la taza aproximadamente 25% del material seco extraído de una fracción de 7 gramos de café. Este valor es aproximadamente 50% más del percolado comparado con los otros sistemas de preparación. El ESPRESSO está muy concentrado, mientras que los otros tipos de preparación son más diluidas (hasta 4 veces más).

El ESPRESSO consigue aumentar, en el degustador, el límite de percepción de los aromas, buenos o defectuosos, del café. Si la bebida es de alta calidad, consigue ser un verdadero elixir, sin embargo si es defectuosa puede ser muy desagradable.

---

<sup>1</sup> Green Coffee Dept.-Cup taster-Illycaffé s.p.a.-Trieste-Italia

Los defectos que pueden transformar la bebida del café en un grano desagradable son los siguientes:

- Fermentado
- Herboso
- Palloso, “Riado”, fénico,
- Maderoso

El sabor fermentado se produce durante la elaboración del café. Se puede producir también en el almacenamiento y durante el transporte. Se encuentra frecuentemente el café natural y menos en el café despulpado.

El sabor herboso viene de la recolección del café verde. Los granos muy inmaduros, secados en un secador mecánico, con una temperatura superior a los 45°C pueden transformarse en granos llamados “stinker”.

El sabor “riado” o similar, depende probablemente de las condiciones locales de humedad, presencia de hongos o de bacterias que afectan los granos.

El sabor maderoso es un defecto de envejecimiento del café debido a temperatura y humedad elevada que aceleran el proceso de transformación de la celulosa siendo el esqueleto fibroso en los granos de café.

Uno de los elementos más importantes y delicados de la elaboración del café es el secamiento de las bayas y del pergamino, en particular durante los 4/5 primeros días cuando la humedad de la cáscara del mucílago pasa de 66 a 30% y durante los 3 primeros días de secamiento del café despulpado en pergamino. Este es el período más peligroso para los granos de café y la posibilidad de fermentación está muy elevada. Mejor no hablar de lluvia durante estos primeros días ¡se trataría de un desastre!.

El período de secamiento en el patio varía entre 12 y 20 días para el café en baya y 6/8 días para el café despulpado, sin utilizar un secado mecánico. Todo el café del mundo, secado al sol, tiene una característica de calidad superior en cuanto a porosidad, suavidad y aroma.

Los elementos más importantes durante el secamiento del café en baya o en pergamino son el espesor de la capa, que tiene que ser de 2.3 cm., y el continuo revolver de los granos en las eras. Los rayos ultravioleta del sol tienen un poder esterilizador, que impide el proceso de fermentación no deseado, si se respetan bien las dos condiciones. Una vez terminado el secamiento, al nivel de humedad de 11% resulta ser uniforme. En la capa alta el nivel final de humedad nunca resulta ser uniforme. Siempre habrán granos con humedad superior al nivel de 11%. Estos granos están destinados a fermentar, causando un daño a todo el lote.

El enemigo del café de calidad es el aire que tiene una temperatura y una humedad muy elevadas durante todas las fases, desde la recolección hasta el colador o la máquina para el ESPRESSO.

La posibilidad que haya agua en el aire, bajo forma de vapor de agua, cambia con las alteraciones de temperatura. Hay la posibilidad de definir la cantidad de vapor saturado (100% de humedad relativa) en un m<sup>3</sup> de aire en diferentes condiciones de temperatura:

- Aire a 10°C contiene: 9.5 gr. de vapor de agua
- Aire a 18°C contiene: 15.4 gr de vapor de agua
- Aire a 25°C contiene: 22.8 gr de vapor de agua
- Aires a 32°C contiene: 34 gr de vapor de agua

Si durante el día la temperatura fuera de 25°C y la humedad de 60%, la cantidad de vapor de agua en el aire sería de 13.8 g/mc. Sin embargo, si durante la noche la temperatura del aire disminuye hasta 10°C, esta se saturará con 9.5 g/mc y los restantes 4.3 g/mc se condensan y caen en el suelo o sobre el café que está secando. Durante la noche, con cielo sereno, la irradiación del suelo está muy fuerte a causa de la disminución de la temperatura y la consiguiente condensación del vapor ultrasaturado en el suelo, bajo forma de rocío. Se trata de uno de los problemas que puede causar daño al café en las eras. Además, al nivel del patio, el aire está lleno de muchos tipos de hongos y de bacterias que están muy activas con la humedad y la temperatura elevada. Estos hongos y bacterias pueden ser muy peligrosas para la salud.

Mientras que la situación a nivel de un metro encima del patio es muy diferente: la temperatura estará ligeramente más alta y la humedad mucho más baja comparada con el nivel del suelo. Hay condiciones mucho mejores para secar el café. La grande diferencia entre el nivel de patio y el nivel más alto de un metro, por lo menos, esta constituida por la circulación del aire. La solución será la de transferir las condiciones de secamiento a un nivel más alto que el suelo.

Si los productores que han intensificado o plantado café nuevo no adecuaran las dimensiones de la zona de seca, el café fermentaría casi totalmente.

Todo el mundo sabe que todo el café producido en el mundo se venderá y se consumará, sea o no sea fermentado. Está claro que todo el mundo quiere tomar un café sin defectos y que no provoque daños a la salud.

La fase de fermentación no deseada ocurre después de la recolección, durante el tratamiento en seco en el patio del productor. El problema es limitar el fenómeno al nivel más bajo posible.

La primera solución para el productor es la de ampliar la superficie del patio para secar la mayor parte del café recolectado (60-70%) maduro en capa fina y con revolvimiento constante.

**Otra posibilidad es descascar las bayas maduras.**

Yo mismo he trabajado durante 4 años en Etiopia para estudiar e intentar resolver este grande problema de la fermentación del café en bayas y despulpado. Después de varios experimentos, encontré la solución más favorable para resolver el problema.

Hoy puedo afirmar que el proceso de despulpado junto con el secamiento del pergamino con el flim fino de mucílago, sobre una parihuela a un metro de altura, es el mejor proceso para la elaboración del café y el consiguiente mantenimiento de la calidad original de la variedad. Los experimentos fueron realizados en el lugar donde el café despulpado es el más aromático, dulce y suave del mundo. Nosotros despulpamos, descascamos y colocamos a secar con la goma el mismo café que fue también despulpado durante el mismo día. Lo secamos sobre una parihuela de un metro de altura, extendido los pergaminos en capas finas de 2-3 cm. El café seco en 6/8 días y descansó durante 45 días almacenado correctamente. Diez lotes de café descascado, procesados en 2 beneficios diferentes, comparados con el mismo café despulpado y fermentado en el tanque resultaron de calidad superior (excelente) si comparado con el café despulpado (muy bueno).

Este resultado fue sorprendente y confirma que el café descascado y secado correctamente mantiene la calidad original sin perder nada del aroma de la variedad.

Estoy muy contento de estar aquí con ustedes productores del mejor café del país, para intentar ayudarlos evitando el fenómeno de la fermentación que perjudica a todo el mundo, desde el productor hasta el consumidor.

Ahora querría proporcionar algunas propuestas prácticas para los productores más abiertos a las novedades y que pueden invertir en el futuro de su producción de calidad.

Para las empresas que ya tienen una máquina descascadora y que pueden preparar entonces una calidad mejor sugerimos:

Recolectar el más alto porcentaje posible de café maduro.

Separar los eventuales frutos verdes en el separador de verdes

Despulsar el café con la máquina bien reglada

La cáscara tiene que estar colocada lejos del café recolectado, del patio y del almacén. Dejarla fermentar anaeróbicamente para ser utilizada, en futuro, como abono natural

El agua del lavaje y del despulpamiento tendrá que ser canalizada hacia un lugar aislado, lejos del cafetal y de la zona de preparación, para la decantación natural en 3 curvas en niveles diferentes

El café descascado, despulpado con la goma, tendrá que ser transportado en “parihuelas” pequeñas (1 x 1.80 m) que permitan el escurrimiento del agua y colocado encima de las parihuelas grandes en suspensión, donde permanecerán por un día entero para que el sustrato fino del mucílago del pergamino se seque

El pergamino con el mucílago seco tiene que ser esparcido sobre un soporte a un metro de altura encima del patio, hecho de una red metálica, bien colocada, para sostener la carga del café, bajo un paño de yute o de una red de plástico muy fina. La anchura del soporte de secamiento tiene que ser de 1.80 m por 25 m de largo

La cantidad de café esparcido en capa fina de 2-3 cm, corresponde aproximadamente a 10 kg de pergamino por metro cuadrado de superficie.

El café esparcido tiene que ser revuelto continuamente durante los 3 primeros días. Luego tiene que ser revuelto menos frecuentemente.

Durante el primer y el segundo día, una persona cada cuatro “parihuelas” puede seleccionar los pergaminos verdes, blancos, negros y quebrados para mejorar la calidad del café.

Entre las 11 de la mañana y las 2 de la tarde, el pergamino tiene que ser protegido cubierto con las extremidades laterales del paño de yute.

Desde las 2 hasta las 5 de la tarde, el paño de yute tiene que quedarse abierto para que el sol seque el café. A las 5 de la tarde el café tendrá que ser cubierto otra vez por la noche. Encima del paño de yute cerrado hay que colocar y fijar un telón de plástico para proteger el café de la condensación del rocío. Por la mañana, después de la llegada de los rayos solares, encima del soporte de un metro de altura, hay que quitar el telón de plástico, abrir el borde de la cobertura de yute del café, esparcir y revolver el café.

En caso de lluvia el café tiene que estar protegido como indicado por la noche. Esta claro que esta operación tiene que ser efectuada antes de la lluvia. Cuando la lluvia se termina hay que descubrir y revolver el café.

Después de 6/8 días cuando el café en pergamino alcanza una humedad de 11-12%, el café tendrá que ser colocado en un almacén en granos amontonados o en sacos de buena calidad, sin ningún od extranjero que pueda afectar el café El café tiene que descansar durante 30/45 días en un almacén sin luz, colocado encima de un soporte de madera (no tiene que estar en contacto directamente con el suelo) y lejos de las paredes del almacén, 30/40 cm y con una buena circulación de aire, sin embargo nunca en frente de la puerta del almacén.

El café preparado de esta manera, que constituye un “stocklot” tendrá que ser elaborado para eliminar el pergamino y ser clasificado, manteniendo la identidad del “stocklot”.

La realización de este instrumento de secadura prácticamente nuevo se efectuará en otra zona que no sea el patio de secado ya existente. Una indicación útil para prever una inversión: para elaborar y producir 1000 sacos de café en 8 semanas, durante el período máximo de cosecha, se necesitan cerca de 3250 m<sup>2</sup> de tamaño, para colocar 40 capas de un metro de altura por 1,8 de anchura y 25 m de largo. El costo aproximado es de USD 6000 y que podría amortizarse totalmente en 1-2 años si los 1000 sacos de café fueran vendidos con un premio de USD 6.00 por cada saco.

Esperando que mi mensaje pueda ayudar a los productores de café de este país en la producción de un café de alta calidad, sin fermentación, os agradezco mucho por la atención dedicada a mi relación y quedo a vuestra completa disposición para cualquiera pregunta que seguramente van a hacer.

## PROYECTO MANEJO INTEGRADO DE BROCA DEL CAFÉ CFC-OIC-IIBC-PROMECAFE

Dr. Armando García G<sup>1</sup>

### RESUMEN

Cuatro países de PROMECAFE (Guatemala, México, Honduras y Jamaica), participan desde 1998, en el proyecto cuyo propósito central es desarrollar estrategias de manejo integrado de la plaga con énfasis en control biológico y la participación de los productores. El proyecto es financiado por el Fondo Común de Productos Básicos a través de la Organización Internacional del Café, con la coordinación del CABI-Bioscience de Inglaterra. También participan La India, Colombia y Ecuador.

Importante es la capacitación del personal técnico del proyecto, así como la introducción de *Phymastychus coffea* en la región, cuya cría en laboratorio, adaptabilidad y parasitismo sobre broca en campo, marchan con éxito.

Se trabaja con pequeños y medianos productores, donde el proceso participativo en la ejecución de actividades de MIB, es parte importante. Los resultados al momento son interesantes, permitiendo a los investigadores la discusión de doble vía para el diseño de programas de trabajo de acuerdo a necesidades del productor. La experiencia ha despertado un alto interés de participación en los productores para resolver sus problemas; reflejado con acciones en el campo.

**Palabras clave:** broca, *Hypothenemus hampei*, *Phymastychus coffea*, PROMECAFE, manejo integrado de la plagas, control biológico, cría en laboratorio, parasitismo sobre broca, Guatemala

---

<sup>1</sup> COORDINADOR TÉCNICO REGIONAL, PROYECTO MIB PROMECAFE-ANACAFÉ, GUATEMALA

## 1. INTRODUCCION

México y América central son reconocidos como la segunda región productora de café en el mundo, y la Broca *Hypothenemus hampei* F. es sin duda, la plaga de mayor importancia económica para las zonas cafetaleras de la región. Actualmente Costa Rica y Panamá son los únicos países del área en donde aún no está presente.

La broca, afecta directamente el grano de café, reduciendo el rendimiento y la calidad. Sus daños podrían ser mayores si se confirma que también transmite al grano el hongo *Aspergillus ochraceus*, responsable de la producción de una ocratoxina tipo "A" reportada como dañina para la salud humana (Vega & Mercadier, 1999).

No obstante la buena efectividad de las prácticas utilizadas tradicionalmente para su control, su diseminación y aumento de los niveles poblacionales ocurre; aparentemente esto se debe a la ausencia de enemigos naturales en las plantaciones.

El control del insecto, es la única vía posible para regular sus poblaciones y evitar impacto negativo en la economía de la finca, a través del manejo integrado, que es el método más beneficioso, de bajo costo, y que toma en cuenta las restricciones ecológicas y sociales que existen en cada ecosistema, así como la preservación del ambiente a largo plazo.

Dada la carencia de enemigos naturales de la broca en la región, en los últimos 10 años, los esfuerzos de control se concentraron en la importación de tres parasitoides a través de proyectos de cooperación internacional. Estas actividades han propiciado una continua cooperación en términos de intercambio de conocimientos, tecnologías y capacitación de recursos humanos bajo la coordinación de PROMECAFE, programa creado con el propósito de mejorar y modernizar la caficultura en la región.

En el marco de este programa, entre 1989 y 1994 se llevó a cabo el proyecto de Control Biológico de la Broca del Café con parasitoides, participando, El Salvador, Guatemala, Honduras y México, con financiamiento de la Comunidad Económica Europea y cooperación del CIRAD-Francia. Gracias a este proyecto, el control biológico forma parte ahora del manejo integrado de la plaga. Sin embargo, se observó que los pequeños productores de la región, casi no implementaron esta tecnología.

En los últimos diez años ha surgido un importante movimiento mundial, tendiente a dar participación a los productores en el proceso de generación y transferencia de tecnología por medio de procesos participativos, con el propósito de dar



respuesta al problema de la baja adopción. Esto, constituye uno de los objetivos centrales del proyecto.

## **2. PROYECTO MIB-CFC-OIC-IIBC-PROMECAFE**

En 1998 inicio la ejecución del Proyecto “Manejo Integrado de la Broca del Café” para dar continuidad a los trabajos de control biológico, en cuya ejecución participa PROMECAFE en la subregión cafetalera de México, Guatemala, Honduras y Jamaica. Este, tiene como propósito el desarrollo de estrategias de manejo integrado de la plaga, con los avances del control biológico, la complementación de estudios y la integración y difusión de la tecnología apropiada de combate a la broca en la región.

En este proyecto participa la Organización Internacional Del Café como organismo supervisor a nivel mundial ya que proyectos similares se realizan en Colombia, Ecuador y la India. Contribuye a su financiamiento el Fondo Común De Los Productos Básicos; en la dirección técnica y científica participa el Instituto Internacional de Control Biológico del Reino Unido.

## **3. LOGROS**

Se resumen los logros alcanzados en la región a la fecha:

Desde la implementación del Manejo Integrado de Plagas hace casi 30 años, ha tenido numerosas adaptaciones hacia la integración de componentes ecológicos, socioeconómicos y agrícolas (Kogan, 1998). En los últimos años, una de las mas importantes innovaciones en su metodología está relacionada con la incorporación de experiencias de los productores, lo que ha permitido proponer cambios en el manejo de las plagas, considerando sus conocimientos y necesidades (Bentley, 1990; Monterroso et al, 1995).

El diagnóstico realizado a los productores, al inicio del proyecto, proporcionó la información para hacer un análisis de necesidades técnicas, así como de las prácticas utilizadas por ellos en el control de la broca, esta información y los logros en Manejo Integrado de Broca, resultado de proyectos anteriores, fue utilizada como punto de partida para la implementación de las parcelas MIB y los programas participativos de manejo del cultivo y de la plaga, implementados en los países participantes.

### **3.1. Parcelas MIB**

Se conducen 17 parcelas de investigación participativa, las cuales comienzan a reflejar beneficio en el manejo de la plaga. Se trabaja con pequeños y medianos

productores, donde el proceso participativo en la ejecución de diversas actividades y combinaciones de MIB, del cultivo, y actividades de capacitación en grupo, son parte importante del trabajo.

Los resultados al momento son interesantes. A los investigadores, este proceso les ha permitido la discusión de doble vía para el diseño de programas de trabajo de acuerdo a las necesidades del productor. En los productores, esta experiencia ha despertado interés de participación para resolver sus problemas; reflejado en la realización de actividades del cultivo, que anteriormente les eran desconocidas.

Las experiencias participativas están siendo positivas, se considera entonces necesario incorporar otros elementos que permitan extender la experiencia sin perder su objetivo. Para ello, se ha iniciado el análisis de las Escuelas de Campo para Agricultores (ECA) y de los Comités de Investigación Agrícola Local (CIAL), como modelo para dar continuidad al trabajo participativo con productores. Se llevan a cabo algunas actividades al respecto y se espera dejar bases para proyectos futuros.

### **3.2. Formación de investigadores y técnicos**

Se han dado pasos importantes en la capacitación del personal técnico que participa en el proyecto; Cursos, Talleres sobre desarrollo e investigación participativa con productores; sistemas de cría de *Phymastichus coffea*, producción de dieta artificial de broca y producción masiva de insectos, realizados en Colombia, Nicaragua y Estados Unidos, han permitido el intercambio técnico y ello está siendo reflejado en el campo.

### **3.3. Control biológico con *Phymastichus coffea***

La introducción del nuevo parasitoide *P. coffea* a la región (Guatemala y Honduras), luego de las consultas internas con las instituciones cafetaleras, y de las gestiones legales necesarias para cumplir con la reglamentación fitosanitaria del país, se realizó en mayo y junio de 1,999, a partir de introducciones de CENICAFÉ, Colombia. La introducción a México, se realizó en marzo de 2000, procedente de ANACAFÉ, Guatemala. Los laboratorios en la estación experimental Buena Vista (Guatemala); La Fe (Honduras) y ECOSUR (México), albergan con éxito su multiplicación que al momento pasa del medio millón de insectos producidos.

La tecnología de producción en laboratorio está disponible, y la introducción de *Phymastichus* a los países de PROMECAFE, interesados en este nuevo parasitoide, es uno de los objetivos del proyecto, y estamos preparados para iniciarla cuando ello se requiera.

Con la finalidad de llevar a cabo un trabajo coordinado de investigación y desarrollo sobre este parasitoide, se diseñó un programa de actividades cuyas acciones forman parte del trabajo a realizar en la región, a partir del año 2000. Los estudios de adaptabilidad, parasitismo y dispersión en campo de este nuevo parasitoide, están en marcha, con resultados interesantes:

Un estudio de adaptabilidad y parasitismo de *Phymastichus*, en cuatro condiciones altitudinales, en lotes comerciales de *Coffea canephora*, fue realizado en Guatemala durante noviembre/99 a febrero/2000. Los resultados sobre muestras analizadas cada siete días, muestran un parasitismo que varió de 21% a 33% a los 35 días de observación, según la altitud. En el siguiente cuadro se presentan los resultados del estudio, observándose que el parasitoide se adaptó en todas las localidades:

Adaptabilidad de *Phymastichus coffea* en cuatro zonas altitudinales de Guatemala.

LOCALIDAD m.s.n.m. °C	ALTITUD	TEMPERATURA	% PARASITISMO
1	485	27.4	32.3
2	630	26.0	32.5
3	875	23.5	21.2
4	1080	21.5	30.0

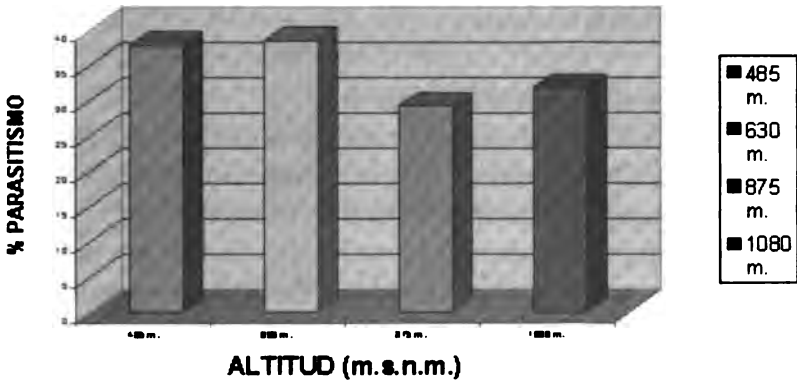


Figura 1: PORCENTAJE DE PARASITISMO DE *P. coffea* SOBRE *H. hampei*

En el estudio de adaptabilidad y parasitismo que se realiza en Guatemala, durante el año 2000, en tres plantaciones de *C. arábica*, ubicadas entre 700 y 1040 m.s.n.m., se liberaron 6000 parasitoides en el centro de una hectárea, y con frecuencia de 14 días se recolectan muestras para observar el parasitismo sobre Broca. Los promedios de parasitismo de dos muestreos realizados al momento, variaron de 15.3% a 46.6% según la altitud; a menor altitud, mayor parasitismo:

Estudio de adaptación de *Phymastichus coffea* en tres estratos altitudinales de Guatemala.

LOCALIDAD	ALTITUD m.s.n.m.	PARASITISMO (%)
1	700	46.6
2	820	15.3
3	1035	23.6

El estudio de dispersión, se realiza a 700 m.s.n.m. en un área experimental de una hectárea, dividida en 25 cuadrantes. 6000 parasitoides fueron liberados en el cuadrante central. Después de dos lecturas, se ha establecido una dispersión de los parasitoides superior a 50 metros, en dirección de los cuatro puntos cardinales, a partir del punto central de liberación, lo que sugiere su adaptación y colonización del área de estudio en un tiempo de 30 días. Estudios similares son conducidos en Honduras.

#### 3.4. Otros controladores biológicos

Tres especies nativas de microhimenópteros que actúan posiblemente como controladores biológicos de la Broca, han sido detectados en Honduras: *Anisopteromalus calandrae* Howard (Pteromalidae); *Horismenus* sp (Eulophidae), y otra aún no identificada. Se han iniciado los estudios bioecológicos correspondientes, antes de reafirmar o no estos hallazgos.

#### 3.5. Importación de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* a Jamaica:

En el desarrollo de la cooperación técnica horizontal con Jamaica, tal como el proyecto lo establece, se inició el proyecto de control biológico de broca, con la introducción de los parasitoides *C. stephanoderis* y *P. nasuta*; se estableció el laboratorio de multiplicación, adiestrando en el proceso a personal del CIB y CARDI. Dos seminarios nacionales sobre Manejo Integrado de Broca, dirigido a caficultores y técnicos de varios organismos, han sido realizados.

Actualmente, la producción de *Cephalonomia* marcha con éxito; las primeras liberaciones fueron efectuadas, y los estudios de adaptabilidad y eficiencia en campo iniciaron en este año.

### **3.6. Cría masiva, un reto para la investigación**

Una limitante en este caso de control biológico, sigue siendo la baja producción de parasitoides con los sistemas actuales, sobre todo si la intención es lograr un impacto significativo de estos enemigos naturales sobre la infestación de broca a una escala regional y en el corto plazo. Si se desea emplear liberaciones masivas de para el control de broca, se debe pensar en desarrollar la tecnología de cría masiva, que permita producir parasitoides de calidad, en grandes cantidades y a bajo costo; pensar entonces en el desarrollo de una tecnología bajo un concepto de “producción industrial”. Los esfuerzos encaminados en el proyecto, han iniciado con la cooperación de La Universidad del Estado de Mississippi, USA, con laboratorios especializadas en ello.

### **3.7. Reuniones de coordinación y difusión**

Las actividades de coordinación técnica y de seguimiento del proyecto entre países de PROMECAFE y con los otros países participantes, se han realizado oportunamente para el diseño y ejecución de programas de trabajo conjuntos. De igual manera la asesoría y supervisión por parte del organismo donante, constituye un aporte importante a nuestras actividades.

Cumpliendo con uno de los objetivos del proyecto, de transferir los logros alcanzados a los países del área, que no participan directamente en estas actividades; en 1999, se realizó en Guatemala, la Primera Reunión de Broca, con participación de 16 expertos en Broca de los países de PROMECAFE: México, Guatemala, Honduras, Jamaica; El Salvador, Nicaragua, Costa Rica y República Dominicana, quienes discutieron, analizaron y proyectaron estos logros. Un evento similar será realizado oportunamente.

## **4. CONCLUSIONES:**

Los resultados alcanzados a la fecha, se consideran satisfactorios, dado el tiempo de ejecución del proyecto. Se ha logrado avanzar en el conocimiento y aplicación de técnicas de manejo de la broca y del cultivo, concientizando a los productores sobre el buen manejo de sus recursos y las pérdidas económicas que sus problemas fitosanitarios les ocasionan. Este proceso no es fácil y sus resultados solo pueden ser medidos, una vez que otras limitantes en la comunidad, sean abordadas en conjunto.

Un nuevo parasitoide fue introducido a la región, para ampliar la fauna de enemigos naturales de la broca, *Phymastichus coffea*. Las investigaciones han sido exitosas; las técnicas de producción en laboratorio se encuentran a punto en los tres países. A seis meses de sus primeras liberaciones en campo, los indicativos de su adaptación, parasitismo y dispersión, se presentan interesantes.

Si se desea emplear liberaciones masivas para el control de broca, se debe pensar en desarrollar la tecnología de cría masiva, que permita producir parasitoides de calidad, en grandes cantidades y a bajo costo; pensar en el desarrollo de una tecnología bajo un concepto de "producción industrial". Se está en el camino de ello y se espera que los esfuerzos iniciados en el proyecto, puedan aportar importantes avances en ese sentido.

Importantes descubrimientos de enemigos naturales nativos se han producido en las investigaciones en Honduras. Estos abren nuevas expectativas de ampliar la fauna benéfica contra la broca del café.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- BENTLEY, W. J., 1990. La participación de los agricultores en hechos, fantasías y fracasos: introducción a la memoria de simposio. *Ceiba*, 2, 30-41.
- DUFOUR, B., BARRERA, J.F., y DECAZY, B., 1999. La broca de los frutos del cafeto ¿la lucha biológica como solución?. In Bertrand, B. y Rapidel, B. (ed.). *Desafíos de la caficultura en Centroamérica* (San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. PROMECAFE. CIRAD. IRD. CCRR. Francia), pp. 293-327.
- GARCIA, A., BARRERA J., MUÑOZ R. 1999. Proyecto MIB-CFC-OIC-CABI-PROMECAFE. Informe anual, año 2, 1999. Guatemala. 55 pp.
- KOGAN, M., 1998. Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology*, 43, 243-270.
- MONTERROSO, D., STAVAR, CH., GUHARAY, F., MARYWBSKA C., MONTERREY, J., GÓMEZ, D., AGUILAR, A., MENDOZA, R., y JIMÉNEZ, C.M., 1995. Implementación de MIP en el sistema café con la participación de pequeños productores, técnicos y especialistas. *Avances técnicos en el manejo de plagas de café* (Nicaragua Managua: Proyecto CATIE/INTA-MIP(NORAD)), pp. 1-3.

# EMISION DE GASES CON EFECTO INVERNADERO Y FIJACION DE CARBONO EN EL SISTEMA DE PRODUCCION DE CAFÉ (*Coffea arabica*) EN COSTA RICA

Montenegro, J.<sup>1</sup>  
Abarca, S.<sup>2</sup>

## INTRODUCCIÓN

El cultivo del café (*Coffea arabica*) ha tenido gran importancia social y económica para Costa Rica desde el establecimiento de las primeras plantaciones comerciales en el siglo pasado porque genera gran cantidad de empleo, y representa uno de los productos de exportación más importante para el país. Las principales zonas cafetaleras, se ubican en el Valle Central (San José, Heredia, Alajuela), Turrialba, la región de los Santos (Cartago) y San Isidro del General (San José)

Entre 1990 y 1997, el área dedicada a este cultivo presentó oscilaciones, determinándose un decrecimiento de 7.000 ha, para alcanzar en 1997 un total nacional de 108.000 ha. A pesar de la reducción en el área, los ingresos generados por la exportación y venta del café se incrementaron, pasando de US\$245,6 millones en 1990, a US\$385,7 millones en 1996 (SEPSA 1998), lo cual representa un incremento promedio en los ingresos de aproximadamente 8,13% anual.

El incremento en las exportaciones es el resultado de mayor productividad del cultivo lograda mediante el mejoramiento genético, prácticas de cultivo más adecuadas, y un mejor manejo de los problemas fitosanitarios. En este sentido, la fertilización tiene un rol muy importante para el desarrollo de las plantas y la producción. Sin embargo, debido a las condiciones climáticas imperantes en las regiones donde se cultiva el café, y a las características químicas propias del nitrógeno, uno de los elementos aplicados en los programas de fertilización, se producen gases como el óxido nitroso ( $N_2O$ ), que escapa a la atmósfera, donde provoca daños en la capa de ozono y contribuye al Calentamiento Global del Planeta.

---

<sup>1</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería, Dirección Sanidad y Protección Fitosanitaria.  
Email: jmonte@guayabo.sa.ucr.ac.cr

<sup>2</sup> Ministerio de Agricultura y Ganadería, Director Sanidad y Protección Fitosanitaria.  
Email: sbarca@protecnet.go.cr

El óxido nitroso es un importante gas de la atmósfera que tiene larga vida, y que al igual que otros gases causa el llamado efecto invernadero. Además, constituye la principal fuente de NO (óxido nítrico) de la estratosfera, el cual tiene gran importancia en la química del ozono (Cicerone 1989). Cada molécula de óxido nitroso tiene un potencial de calentamiento que es equivalente a 250 moléculas de CO<sub>2</sub>.

La concentración atmosférica de N<sub>2</sub>O es aproximadamente 310 ppbv y se incrementa a un ritmo anual de 0,6-0,9 ppbv año<sup>-1</sup>, con una vida media de 166~16 años (Prinn *et al.* 1990). En términos generales, este gas es el responsable del 2% al 4% del Calentamiento Global del Planeta, y la importancia se incrementará en los próximos años, ya que posiblemente su participación será de alrededor del 10%. En general, las principales fuentes de este gas son: natural (48%), océanos (17%), fertilizantes (17%), industria (9%), quemaduras (5%) y desechos de animales (4%).

Las actividades antropogénicas y las naturales aportan cantidades similares de N<sub>2</sub>O, aproximadamente 7 Tg N<sub>2</sub>O año<sup>-1</sup> cada una (Khalil y Rasmussen 1992). La agricultura genera hasta el 22% de las emisiones; la mayor parte del N<sub>2</sub>O emitido se debe a la fertilización nitrogenada con productos minerales u orgánicos; el uso de fertilizantes nitrogenados produce el 14,3% del N<sub>2</sub>O global por año (Bouwman 1992).

La adición de fertilizante nitrogenado al suelo, por lo general, incrementa la emisión de óxido nitroso (Eichner 1990). El incremento en la emisión, luego de la fertilización, ocurre en un corto tiempo, declinando después de la aplicación, alcanzando un nivel base independiente de la cantidad aplicada. Sobre las emisiones de N<sub>2</sub>O en la agricultura tropical se ha especulado bastante y aunque potencialmente se pueden producir grandes emisiones estas no siempre ocurren. Al respecto, Christensen (1983), Weier *et al.* (1991) y Veldkamp *et al.* (1994) determinaron una relación directa entre el nivel de humedad del suelo y la emisión de N<sub>2</sub>O, así como también entre la temperatura del suelo y los niveles de N-NO<sub>3</sub> con la emisión de este gas. Gardini *et al.* (1991) también señalaron relaciones entre el contenido de humedad y la disponibilidad de carbono del suelo con la emisión de N<sub>2</sub>O. Un factor que está relacionado con estas variables es la compactación del suelo, porque se reduce su porosidad y la disponibilidad de oxígeno, favoreciéndose los procesos de denitrificación y la formación del N<sub>2</sub>O (Christensen 1983).

El efecto invernadero es un problema generado, principalmente, en los países desarrollados del hemisferio norte. El 50% del incremento de la retención de energía en la atmósfera se debe a la acumulación de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) como resultado de la utilización de combustibles fósiles. Sin embargo,



aproximadamente el 30% de los gases con efecto invernadero se producen por el cambio en el uso del suelo (Brown *et al.* 1994). El Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) señala que la emisión de carbono a causa de la deforestación es de 1,6 billones de toneladas de carbono año<sup>-1</sup>.

En este sentido, la tala del bosque tiene importancia en el ambiente cercano a la localidad deforestada, y también importancia global, por el aporte de CO<sub>2</sub> y N<sub>2</sub>O a la atmósfera. Se estima que la deforestación de los trópicos aporta de 42 a 160 millones de toneladas de carbono año<sup>-1</sup> a la atmósfera, de las cuales de 10 a 30 millones de toneladas se atribuyen al decrecimiento de la materia orgánica en los suelos deforestados (Detwiller y Hall 1988).

En América Latina de 1850 a 1985, solamente por cambio en el uso de la tierra, se aportaron 3.000 millones de toneladas de carbono, con un flujo de carbono biótico a la atmósfera de 67 millones de toneladas año<sup>-1</sup>, lo cual constituye el mayor flujo biótico del mundo (Houghton *et al.* 1985, 1991).

Debido a que no existe información relacionada con la emisión de gases con efecto invernadero ni de fijación de carbono en los suelos cultivados con café en Costa Rica, los objetivos de este estudio fueron: determinar el patrón de emisión de N<sub>2</sub>O y de CO<sub>2</sub>, que en forma de gas son emitidos de un suelo cultivado con café en Costa Rica; estimar la emisión Global de N<sub>2</sub>O y de CO<sub>2</sub> en los suelos bajo café en Costa Rica; determinar la posible relación de la emisión de estos gases con variables de suelo; determinar la cantidad de carbono fijado en un suelo cultivado con café, estimar la cantidad total de carbono que existe fijado en los suelos bajo café, e implementar una metodología de muestreo en el campo y de análisis de laboratorio, para identificar y cuantificar la emisión de estos importantes gases con efecto invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitio de muestreo

Esta investigación se realizó en dos zonas productoras de café, una de manejo típico bajo sombra regulada que se ubicó en Santa Rosa de Turrialba, Cartago, con precipitación y temperatura promedio anual de 1600 mm y 20°C respectivamente; la humedad relativa promedio es 85% durante todo el año y que se clasificó como Bosque Premontano muy húmedo (Holdriedge 1996); la otra zona típica de manejo a plena exposición solar (sin sombra) se localizó en La Carpintera, Barreal de Heredia, con precipitación y temperatura promedio anual de 2800 mm y 23°C respectivamente; siendo la humedad relativa anual promedio 80%, y se clasificó como Bosque Montano Bajo (Holdriedge 1996).

El suelo de la finca evaluada en Turrialba se clasificó como inceptisol, y en la zona de Heredia como andosol, ambas de textura franco-arenosa. Las características químicas se presentan en el Cuadro 1.

**Cuadro 1.** Fertilidad de un suelo cultivado con café (*Coffea arabica*) bajo sombra en Cartago, y a plena exposición solar en Heredia, Costa Rica. 1999.

SISTEMA	meq 100 <sup>-1</sup> ml suelo					ug ml <sup>-1</sup> suelo					%
	pH	Al	Ca	Mg	K	P	Zn	Mn	Cu	Fe	
Con sombra	4,5	1,0	5,3	1,6	0,64	3,6	13,1	16,5	28,5	208	3,65
Sin sombra	5,2	0,25	9	2,6	1,02	15	3,7	7	15	101	6,2

### Manejo del cultivo con sombra

El manejo convencional del cultivo incluyó el control manual de las malezas (una vez año<sup>-1</sup>) y químico (una vez año<sup>-1</sup>), y la aplicación de fungicidas dos veces año<sup>-1</sup>. Se fertilizó con nutrán (33,5% nitrógeno, 117 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>) y con la fórmula completa (FC) 18-5-15 (83 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>), para un total de 200 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

La variedad de café fue el caturra, sembrada a 2,0 m entre surcos y 1,0 m entre plantas, para una densidad de siembra de 5.000 plantas ha<sup>-1</sup>. Se utiliza el poró (*Erythrina poeppigiana*) especie arbórea típica para sombra en este sistema de producción.

La finca donde se realizó esta evaluación posee 15 ha sembradas de café, con una producción promedio de 25 fanegas ha<sup>-1</sup> y presenta, a criterio de técnicos del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE), características típicas de la explotación promedio, tanto en el manejo de la plantación, como en los rendimientos obtenidos para el sistema de café bajo sombra regulada.

### Manejo del cultivo a plena exposición solar

El manejo incluyó el control manual (un corte año<sup>-1</sup>) y químico (dos veces año<sup>-1</sup>) de las malezas, y la aplicación de fungicidas, tres veces año<sup>-1</sup>, para el control de las enfermedades. Se fertilizó con nutrán (88 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>) y con la fórmula completa 18-5-15 (FC, 154 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup>), para un total de 242 kg de nitrógeno ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>.

Se utiliza el caturra, sembrada a 1,8 m entre surcos y 0,8 m entre plantas, para una densidad de siembra de 6.944 plantas ha<sup>-1</sup>. El área sembrada en esta finca es de 23 ha, con una producción promedio de 57 fanegas ha<sup>-1</sup>.

La aplicación del fertilizante (dosis y fuentes de aplicación), en cada sistemas de producción, se realizó por los mismos trabajadores de la finca. El fertilizante se aplicó al voleo en la base de la planta. Se utilizaron dos terrenos diferentes, en uno se aplicó el fertilizante nitrogenado y en otro se fertilizó con la FC. Los lotes eran de topografía regular con ligeras ondulaciones.

### **Determinaciones Realizadas**

Emisión de óxido nitroso ( $N_2O$ ) y dióxido de carbono ( $CO_2$ ):

La determinación de la emisión del óxido nitroso y del dióxido de carbono se realizó utilizando la técnica de la cámara cerrada (Veldkamp 1993). Las cámaras empleadas (cilindros con tapas de PVC sellados herméticamente), tenían un diámetro interno de 30,84 cm, una altura de 20 cm y un abanico interno para homogenizar la mezcla de gases. La cámara se introdujo en el suelo 1,5 cm aproximadamente, con el propósito de evitar fugas e interferencias externas. La ubicación de las cámaras en las plantaciones se realizó de manera sistemática; se hizo un muestreo en todo el sistema. Cada día de muestreo se colocaron tres cámaras, una en la hilera entre las plantas de café, otra en la entrecalle y la última, cerca de la base y al frente de la planta de café donde se aplicó el fertilizante. Cada cámara estaba provista de un "septum" para facilitar la recolección de las muestras gaseosas.

Se recolectó una muestra del gas acumulado dentro de la cámara al momento de colocarla en el sitio de muestreo y 20 minutos después se recolectaron muestras por triplicado. Para esto se utilizaron viales de 22 ml. La emisión de ambos gases se calculó con base en el incremento de la concentración temporal dentro de la cámara durante el período de muestreo. Todas las muestras fueron recolectadas entre las 9:00 am y la 1:00 pm.

Se realizó un muestreo durante un período de ocho días: 0, 1, 2, 3, 5, 10, 15 y 20 días después de la fertilización (DDF). Este esquema de muestreo se basa en la presunción de que durante los primeros días después de la aplicación del fertilizante se presentan las mayores emisiones, las cuales se estaría normalizando posteriormente (Christensen 1983, Eichner 1990).

Las muestras de gas se analizaron en un cromatógrafo de gas Hewlett Packard 5890, equipado con un detector de captura de electrones y una columna de 30 m de largo. Se utilizaron patrones de concentración conocida (Scott Specialty Gases, USA) con una precisión analítica de 5%, con los cuales se preparó la curva estándar de calibración. Los valores determinados y reportados en el texto, así como las estimaciones realizadas, se expresan como nitrógeno (N) y como carbono (C).

### **Temperatura del suelo**

A la par de cada cámara se colocó un termómetro para determinar la temperatura del suelo a cinco centímetros de profundidad. Esta medición se realizó durante los días en que se efectuó la evaluación del  $N_2O$  y del  $CO_2$ .

### **Humedad del suelo**

Se recolectó una muestra de suelo, al lado de cada cámara, de los primeros 20 cm de profundidad, para determinar su contenido de humedad. Una muestra compuesta fue colocada en una bolsa de polietileno previamente identificada, cerrada herméticamente y transportada en una hielera. Este procedimiento se realizó durante los días que se efectuó la determinación de la emisión del  $N_2O$  y del  $CO_2$ . Para determinar la humedad del suelo se siguió la metodología de Forsythe (1980) que consistió en pesar 100 g de suelo y secarlo a  $105^\circ C$  por 24 horas, obteniéndose la humedad por diferencia de peso.

### **Contenido de $N-NH_4$ y $N-NO_3$ del suelo**

Se recolectó una muestra de suelo, de los primeros 20 cm de profundidad, para determinar la concentración de  $N-NH_4$  y de  $N-NO_3$ . Una muestra compuesta fue colocada en una bolsa de polietileno previamente identificada, cerrada herméticamente y depositada en una hielera a baja temperatura para su transporte. El análisis se realizó en el Laboratorio de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. Este muestreo se efectuó simultáneamente con los de  $N_2O$  y de  $CO_2$ .

### **Densidad del suelo**

Se realizó un muestreo de la densidad del suelo (0-10 cm de profundidad) de acuerdo con la metodología propuesta por Forsythe (1980). Para ello se utilizaron cilindros de acero inoxidable de 50x50 mm, y las muestras fueron recolectadas al azar dentro de las plantaciones de café. Las muestras fueron llevadas al laboratorio donde se secaron a  $105^\circ C$  por 24 horas y luego, antes de ser pesadas, se eliminaron las piedras.

### **Fertilidad del suelo**

Se realizó un muestreo del suelo (0-20 cm) para determinar la fertilidad del mismo. Las muestras fueron recolectadas al azar dentro de las plantaciones y llevadas al Laboratorio de Suelos del Ministerio de Agricultura y Ganadería para el análisis de pH, elementos mayores y menores, materia orgánica y textura.

### **Contenido de carbono en el suelo**

La cantidad de carbono presente en el suelo se calculó con base en la información obtenida en los muestreos de densidad y fertilidad.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron analizados con el paquete estadístico SAS (SAS Institute 1999); se realizó un análisis de varianza, además se determinó el modelo de regresión que mejor explica el comportamiento observado de los patrones de emisión de los gases detectados y de las variables evaluadas. También se realizó un análisis de correlación lineal entre las diferentes variables evaluadas.

Para comparar los valores determinados en las variables seleccionadas para este estudio en las plantaciones de café, se utilizaron dos ecosistemas de bosque natural, uno para cada sistema de producción evaluado. En estos, que se ubicaron en la misma zona de vida de la finca donde se realizaron las evaluaciones, se efectuaron las mismas determinaciones que en los suelos bajo café.

Para calcular el área cultivada de café, de cada sistema de producción, se utilizó información de producción y áreas reportadas por SEPSA (1998), Galloway y Beer (1997), así como información ofrecida por técnicos con experiencia en el cultivo del café del Instituto del café (ICAFFE) de Costa Rica. Para estimar la emisión total de ambos gases y la cantidad total de carbono almacenado en el suelo, se asumió que estos no eran influidos de manera significativa por el tipo de suelo, la variedad y el manejo de la plantación (estos aspectos deben considerarse en una investigación futura para determinar la verdadera influencia de estos parámetros en los niveles de emisión).

## **RESULTADOS**

### **Emisión de óxido nítrico y dióxido de carbono del suelo**

La emisión de  $N_2O$  que se produjo como resultado de la fertilización con la fórmula completa fue menor que la emitida cuando se aplicó el fertilizante nitrogenado (Fig. 1). En ambos casos se produjo un incremento en la emisión durante los primeros días después de aplicado el fertilizante. Posteriormente, los niveles disminuyeron para mantenerse relativamente bajos y constantes, lo cual demuestra la influencia directa de la fertilización en el patrón de emisión de este gas. Davidson *et al.* (1996) y Velthof *et al.* (1996) también determinaron incrementos en los niveles de emisión de óxido nítrico luego de la aplicación de fertilizante.

La humedad del suelo presentó correlación negativa con la emisión de  $N_2O$  ( $r^2=-0,22$ ), aunque sin significancia estadística. Ello probablemente se debe a que el nivel de humedad no fue suficiente como para favorecer las condiciones anaerobias necesarias para que se genere mayor cantidad de  $N_2O$ . Gardini *et al.* (1991), Weier *et al.* (1991) y Veldkamp *et al.* (1994), señalaron que las emisiones de  $N_2O$  son mayores cuando la humedad es alta. La temperatura del suelo tampoco mostró influencia sobre la emisión de este gas nitrogenado, a pesar de cierto grado de similitud entre ambas tendencias.

Ello hace suponer que la emisión se explica básicamente por el fertilizante aplicado. Similarmente Davidson *et al.* (1996) y Velthof *et al.* (1996) demostraron incrementos en los niveles de emisión de óxido nitroso como respuesta a la aplicación de fertilizante.

Con respecto a la relación con los compuestos nitrogenados amonio y nitrato, únicamente se determinó correlación positiva y significativa ( $r^2=0,92$  y  $P=0,0035$ ) con la concentración de amonio en el sistema de producción con sombra regulada. Relaciones entre los compuestos nitrogenados y la emisión de  $N_2O$ , han sido señaladas por Matson y Vitousek (1987). Estos resultados coinciden con los de Davidson *et al.* (1996), quienes también determinaron altas concentraciones de amonio cuando la emisión de  $N_2O$  era alta.

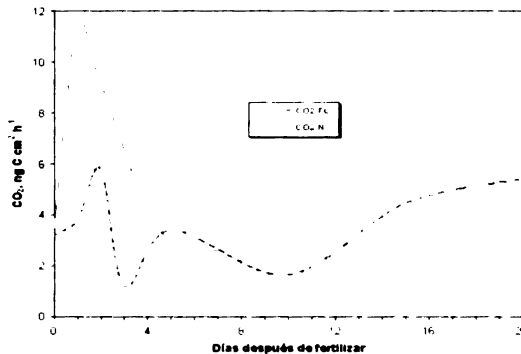


Figura 1: Emisión de  $N_2O$  de un suelo cultivado con café (*C. arabica*) Costa Rica, 2000.

La emisión de  $N_2O$  luego de la aplicación del fertilizante nitrogenado fue muy variable durante los primeros días después de la aplicación del fertilizante, y de mayor magnitud que cuando el fertilizante aplicado fue la fórmula completa (Fig. 1). Se determinó un incremento importante a los tres DDF, punto a partir del cual las emisiones disminuyeron para mantenerse posteriormente en valores basales. Este comportamiento coincide con lo informado por otros investigadores (Christensen 1983, Eichner 1990), quienes determinaron que las emisiones

declinan poco tiempo después de la aplicación del fertilizante, alcanzando un nivel base independiente de la cantidad aplicada.

La emisión del óxido nitroso correlacionó positivamente con la concentración del amonio y con la del nitrato, aunque sin significancia estadística, mientras que las restantes variables determinadas en esta investigación no mostraron relación con los niveles de emisión detectados. Ello hace suponer que la emisión se explica básicamente por el fertilizante aplicado. Davidson *et al.* (1996) y Velthof *et al.* (1996) también obtuvieron incrementos en los niveles de emisión de óxido nitroso como respuesta a la aplicación de fertilizante, mientras que relaciones similares a las determinadas en esta investigación, entre los compuestos nitrogenados y la emisión de  $N_2O$ , han sido señaladas por Matson y Vitousek (1987).

Después de aplicar la fórmula completa, el  $CO_2$  presentó un patrón de emisión similar al determinado para el  $N_2O$ , presentándose mayor emisión con la fertilización nitrogenada que con la fórmula completa y un incremento en los primeros días después de aplicado el fertilizante (Fig. 2). Se determinaron fluctuaciones en el tiempo, detectándose a los dos DDF y al final del período evaluado, incrementos en los niveles de emisión. La emisión de este gas únicamente correlacionó de manera inversa con la concentración de amonio en el suelo ( $r^2=-0,66$ ,  $P=0,0735$ ) en el sistema sin sombra.

De acuerdo con las variaciones determinadas en la emisión del dióxido de carbono, ésta fue influenciada directamente por la fertilización aplicada y la concentración de amonio en el suelo, por lo que es de suponer que el nitrógeno disponible en el sistema estimuló positivamente el crecimiento bacteriano, y en consecuencia se incrementó la emisión de  $CO_2$ .

Con la fertilización nitrogenada se determinó una fluctuación de  $CO_2$  presentándose ésta poco tiempo después de la aplicación del fertilizante. Al igual que el  $N_2O$ , los incrementos en la emisión del  $CO_2$  estuvieron directamente influenciados por la fertilización nitrogenada, ya que la adición de este elemento afectó la relación carbono:nitrógeno, y ello estimuló el metabolismo e incrementó la población de los microorganismos del suelo y en consecuencia se liberó mayor cantidad de carbono del suelo en forma de gas.

La temperatura y la humedad del suelo también influenciaron positivamente el crecimiento poblacional de la microflora del suelo, incrementándose los niveles de emisión del  $CO_2$ . En este sentido, los aumentos iniciales de la emisión de  $CO_2$  coinciden con el incremento observado en la temperatura y el contenido de humedad del suelo ( $r^2=0,67$ ) durante los primeros días de muestreo, aunque no se determinó correlación estadística con estas variables. En el ecosistema de bosque natural se determinó una emisión promedio de  $5,39 \text{ ng N cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$  y

2,87 ng C cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, las cuales fueron similares al promedio obtenido en el ecosistema café con sombra regulada (5,65 ng N cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> y 2,56 ng C cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>). Las emisiones determinadas en esta investigación en el bosque natural fueron similares a las obtenidas por Keller *et al.* (1993) quienes reportaron niveles con un rango de 5 a 10 ng N cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. En investigaciones previas (Keller *et al.* 1986) habían determinado mayores niveles de emisión de CO<sub>2</sub> en bosques tropicales ubicados en América del Sur.

De acuerdo con los niveles de emisión detectados, en las plantaciones de café con sombra regulada, las emisiones de óxido nitroso fueron 4,8% superiores al ecosistema de bosque natural, mientras que las emisiones de dióxido de carbono fueron 11% inferiores en la plantación de café con sombra regulada. En el caso del N<sub>2</sub>O, este porcentaje representa el costo ambiental por la producción de café bajo sombra, mientras que para el CO<sub>2</sub>, la emisión del bosque natural es mayor que las del agroecosistema de café con sombra.

La emisión total anual en el ecosistema de café sin sombra fue de 1,77 ng de N cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> y de 3,05 ng de C cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. En el caso del ecosistema de bosque natural, las emisiones determinadas presentaron una magnitud de 3,94 ng de N cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> y 3,64 ng de C cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>. En consecuencia, la emisión neta para este sistema de producción de café fue negativa para ambos gases evaluados (-1,28 ng de N cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> y -0,59 ng de C cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>).

En términos globales, la emisión neta para la caficultura nacional fue de -0,132 ng N cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup> y de -0,359 ng C cm<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>, lo cual indica que la emisión natural del bosque fue superior a la que presentó la plantación del café. Esto es apoyado por la opinión de Veldkamp *et al.* (1994) quienes habían manifestado que aunque en el trópico existen las condiciones para que se presenten grandes emisiones de óxido nitroso, éstas no siempre ocurren. Una situación similar ocurre con el dióxido de carbono.

Las menores emisiones de óxido nitroso en las plantaciones de café se pueden explicar por los menores valores amonio y nitratos en el suelo del ecosistema de café debido a la gran absorción que efectúan las plantas de café; también influye la presencia de bacterias nitrificadoras, que son capaces de producir óxido nitroso rápida y directamente del fertilizante aplicado (Davidson *et al.* 1996), disminuyendo los niveles de ambos compuestos nitrogenados. Otro factor que también podría provocar mayor concentración de estos compuestos nitrogenados en el suelo del ecosistema natural está relacionado con la transformación del nitrógeno y el reciclaje de cantidades importantes de este elemento a través de la vegetación en los bosques naturales de climas



húmedos (Matson y Vitousek 1995). Ello explicarían en parte, la ocurrencia de emisiones relativamente altas en los ecosistemas de bosque natural, debido a que estos compuestos nitrogenados son precursores del  $N_2O$  (Davidson *et al.* 1996).

### **Contenido de carbono del suelo**

La cantidad de carbono almacenado en el perfil de suelo evaluada, fue mayor en el ecosistema de bosque natural ( $31,8 \text{ t ha}^{-1}$ ) que en el sistema de producción de café ( $19,8 \text{ t ha}^{-1}$ ), aunque los valores determinados en el sistema de producción con sombra regulada ( $17 \text{ t ha}^{-1}$ ) fueron ligeramente superiores al ecosistema natural ( $15,7 \text{ t ha}^{-1}$ )

De acuerdo con la información reportada por Fournier (1988), el ecosistema café con sombra presenta un nivel de fijación foliar de  $CO_2$  atmosférico 26,5% superior que el bosque pluvial. Esto explica los mayores niveles de carbono en el suelo que se determinaron en este sistema de producción, ya que el reciclaje de carbono en el cultivo de café es mayor que en el bosque natural.

En el caso del café a plena exposición solar, la cantidad de carbono en el suelo ( $32,1 \text{ t ha}^{-1}$ ) fue menor que los niveles determinados en el ecosistema de bosque natural ( $47,9 \text{ t ha}^{-1}$ ). Ello se explica por la diversa composición florística que presenta el ecosistema natural, ya que en él predominan varios estratos herbáceos y arbóreos, los cuales aportan cantidades importantes de materia orgánica al suelo, mientras que en el ecosistema café sin sombra solo existe un estrato y la deposición de materia orgánica se limita a la caída de las hojas y bandolas de las plantas de café.

De acuerdo con las condiciones presentes en este estudio, y asumiendo que no se presentan variaciones importantes en el contenido de carbono del suelo, debido a factores como la variedad de café sembrada y la densidad de plantación entre otros, en el ámbito nacional en el cultivo de café, se estimó que en 1990, 1996 y 1997 se encontraban fijados 2.267,6, 2.211,1 y 2.211,1 Gg de carbono. Esto corresponde al carbono que podrían fijar 25.768, 25.126 y 25.126 ha de bosque en un período de 20 años, si se asume una tasa de crecimiento de  $4,4 \text{ t de C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Bekkering 1992).

Esto demuestra que la actividad cafetalera, además de ser una actividad importante social y económica, porque constituye una fuente de empleo de la cual depende gran cantidad de familias costarricenses, también está contribuyendo de manera sistemática a mitigar el efecto invernadero al mantener cantidades importantes de carbono almacenadas en el suelo.

### **Factor de Emisión**

El factor de emisión, en este caso particular, corresponde a la cantidad de  $N_2O$  y de  $CO_2$  que emite una determinada área por unidad de tiempo. Con base en este factor y conociendo el área total sembrada de café en Costa Rica, se puede estimar la emisión total de estos gases. Además, si a este factor se le resta la emisión del ecosistema de bosque natural se obtiene la emisión neta, la cual incluye únicamente la emisión producto de esta actividad, sin considerar la emisión normal que se presentaría de no estar el cultivo de café como actividad prioritaria.

En Costa Rica para el sistema de producción de café se obtuvo un factor de emisión total promedio de  $4,32 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y de  $2,30 \text{ kg de C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , siendo el factor de emisión neta de  $-0,116 \text{ kg de N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y de  $-0,315 \text{ kg de C ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . En ambos casos las cifras son negativas e indican la cantidad de nitrógeno y de carbono que las plantaciones de café emiten en menor cantidad por unidad de área que el bosque (es lo que se denomina no-emisión). En consecuencia, esta actividad agrícola es menos contaminante, que el ecosistema de bosque natural ubicado en la misma zona ecológica, en lo que se refiere a la emisión de estos gases.

Esto coincide con los resultados de diversas investigaciones (Matson y Vitousek 1987, Keller *et al.* 1993, Veldkamp *et al.* 1994, Sanhueza *et al.* 1990), las cuales han mostrado que las actividades agropecuarias son menos contaminantes con este tipo de gases que los ecosistemas de bosques naturales, lo cual posiblemente es consecuencia de los mayores niveles de materia orgánica y del mayor reciclaje de nitrógeno que ocurre en estos ecosistemas naturales. Los valores de emisión del bosque se explican por las altas concentraciones de amonio y nitratos en el suelo, los que al ser precursores del óxido nitroso estimulan las emisiones del mencionado gas. Varios investigadores (Weier *et al.* 1991, Davidson *et al.* 1996) han identificado relaciones que muestran esta tendencia.

### **Eficiencia de Emisión**

La eficiencia de emisión se refiere a la cantidad de óxido nitroso o de dióxido de carbono emitido por unidad de producto obtenido en la actividad cafetalera. La eficiencia neta de emisión es la eficiencia a la cual se descontó la emisión del ecosistema natural, que sería la emisión que se presentaría de no estar el cultivo del café como actividad prioritaria. En este cultivo, la relación sería g de  $N_2O$  o de  $CO_2$  quintal<sup>-1</sup> de café oro producido.

En este sistema de producción, la emisión total fue de  $0,432 \text{ g de N m}^{-2} \text{ año}^{-1}$ , por lo que de acuerdo con la producción reportada por SEPSA (1988), en 1990,

1996 y 1997 las eficiencias de emisión total fueron de 160, 133 y 191 g de N quintal<sup>-1</sup> de café oro, respectivamente. Sin embargo, si se considera la emisión neta, estos valores corresponderían a -4,3, -3,7 y -5,3 g de N quintal<sup>-1</sup> de café oro. En el caso del CO<sub>2</sub>, la emisión total fue 0,23 g de C m<sup>-2</sup> año<sup>-1</sup>. La eficiencia total fue 86, 75 y 107 g de C quintal<sup>-1</sup> de café oro para 1990, 1996 y 1997, respectivamente. La emisión neta para esos mismos años fue -11,6, -10,1 y -14,4 g de C quintal<sup>-1</sup> de café oro. Las cifras negativas, para la eficiencia de producción de ambos gases, indican la cantidad de óxido nitroso y de dióxido de carbono que se dejó de emitir por unidad de producto obtenido (no-emisión), y estarían señalando parte del beneficio ambiental que está proporcionando este agroecosistema. Las cifras negativas también indican que las emisiones del cultivo del café fueron inferiores a las que se determinaron en el bosque natural. El mejoramiento de la eficiencia en 1996 con respecto a 1990 para ambos gases, se debe al incremento en la producción cafetalera, lo que en consecuencia disminuyó el valor de la relación de gas emitido:producto obtenido. En 1997 la eficiencia disminuyó como resultado de una serie de aspectos que afectaron negativamente la producción nacional, entre las que se pueden mencionar las condiciones climáticas adversas al cultivo, y los bajos precios internacionales de este grano, lo cual hizo que los productores recibieran menos dinero, y consecuentemente invirtieran menos recursos en el mantenimiento adecuado de las plantaciones, provocando la disminución del rendimiento promedio nacional. Otro factor que afectó negativamente los rendimientos fue el ciclo productivo típico de este cultivo, el cual por ser bianual, hace que después de un año de altos rendimientos la cosecha del año siguiente sea menor. La emisión total de óxido nitroso y de dióxido de carbono emitidos por quintal de café oro fue muy baja, lo cual confirma que en Costa Rica se tienen rendimientos productivos muy altos por unidad de superficie. La emisión neta presentó valores negativos, lo cual es favorable al desarrollo de esta actividad agrícola, pues indica que se está dejando de emitir estos gases con respecto al ecosistema de bosque natural. A pesar de esta condición favorable es posible mejorar esta relación, y con ello reforzar el aspecto ambiental en los sistemas cafetaleros. Por ello se deben realizar esfuerzos para incrementar la productividad, algo factible de lograr, y que incrementaría considerablemente la eficiencia de emisión total, logrando que la producción se convierta en una actividad más amigable al ambiente.

### **Emisión Neta Total en Costa Rica**

La emisión neta total de N<sub>2</sub>O y de CO<sub>2</sub> de las plantaciones de café manejadas en Costa Rica, se presenta en el Cuadro 2.

**Cuadro 2.** Emisión neta total de N O y de CO<sub>2</sub> en Gg de N y C, para tres diferentes años en el cultivo de café en Costa Rica. 2000.

	1990	1996	1997
Ha sembradas	115.000	108.000	108.000
N. Gg.	-0.0133	-0.0125	-0.0125
C. Gg.	-0.036	-0.034	-0.034

La emisión de estos gases que se produce por la presencia y manejo de este cultivo es negativa en los tres años analizados, lo cual indica que el ecosistema de café es muy amigable con el ambiente, y ello lo hace muy deseable desde el punto de vista ambiental. Por ello se puede decir que este agroecosistema no contribuye con el Calentamiento Global producto de la emisión de gases con efecto invernadero. Además, debe destacarse que los niveles de emisión del ecosistema de bosque natural fueron mayores a los determinados en este agroecosistema.

### Balance de Emisiones

Con el propósito de ofrecer un panorama más claro del efecto que este agroecosistema está causando en el ambiente, desde el punto de vista del Calentamiento Global, a continuación se cuantifica la totalidad del carbono que se encuentra dentro del ciclo productivo de esta actividad en Costa Rica.

1. En este sistema, el carbono fijado\* en la producción nacional de café correspondió a 40,97, 44,45 y 31,0 Gg, respectivamente para 1990, 1996 y 1997.
2. El carbono que se encuentra fijado en la lámina de suelo evaluada, es responsable de que el cultivo de café mantuviera en su ciclo 2.267,6, 2.211,1 y 2.211,1 Gg de Carbono, en 1990, 1996 y 1997, respectivamente.
3. Adicionalmente, y de acuerdo con Fournier (1995), en la biomasa aérea y de raíces de las plantas de café, para los años mencionados anteriormente, era posible encontrar 1.181,28, 1.129,48 y 1.129,48 Gg de C; en los árboles de poró utilizados para sombra se encontraban 2.282,1, 2.015,5 y 2.015,5 Gg de C para 1990, 1996 y 1997, respectivamente.
4. De acuerdo con lo anterior, el total de carbono fijado y mantenido en el ciclo productivo en el cultivo de café, en Costa Rica, fue de 5.771,95, 5.400,53 y 5.387,1 Gg de C para 1990, 1996 y 1997, respectivamente.

Para efectos comparativos, si se considera que la tasa de crecimiento del bosque es de 4,4 toneladas de C ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> (Bekkering 1992), entonces en la actividad

cafetalera de Costa Rica, en 1990 se encontraba almacenado el carbono equivalente a lo que 65.590 ha de bosque puede fijar en un horizonte de 20 años. Para 1996 y 1997, el carbono en este sistema de producción era equivalente al que habría podido fijar 61.370 ha de bosque en un lapso de 20 años. Lo anterior demuestra las bondades ambientales del sistema de producción de café en cuanto a la cantidad de carbono que puede capturar de la atmósfera y mantener dentro del ciclo y sistema de producción.

Sin embargo, si solo se considera la cantidad de carbono que fija este cultivo en la producción de café (40,97, 44,45 y 31,0 Gg, respectivamente para 1990, 1996 y 1997), y se le adiciona la no emisión que se produce como consecuencia de la presencia de este sistema de producción (3.36, 3.2 y 3.2 Gg de carbono, respectivamente para 1990, 1996 y 1997), se obtiene que en el ámbito nacional, el carbono que fija anualmente las plantaciones de café es equivalente al carbono que 504, 541 y 389 ha de bosque fijarían en un lapso de 20 años.

Por ello se puede decir con propiedad que el ecosistema de café es un cultivo ecológicamente deseable y que favorece la protección del ambiente y no contribuye al efecto invernadero. Es por ello que al actuar como una actividad que fija carbono atmosférico, debería ser incluido dentro de los planes de pago por servicios ambientales similares a los ofrecidos al sector forestal.

Lo anterior demuestra que la actividad cafetalera en Costa Rica, además de cumplir una importante función social y económica, porque constituye una fuente de empleo de la cual depende gran cantidad de familias costarricenses, también está contribuyendo de manera sistemática a mitigar el efecto invernadero al fijar y dejar de emitir anualmente cantidades importantes de carbono.

## CONCLUSIONES

- Existe una clara tendencia que muestra la influencia directa del fertilizante nitrogenado sobre la emisión de óxido nitroso y del dióxido de carbono.
- Las principales fluctuaciones en la emisión de óxido nitroso se presentaron en los primeros días después de aplicado el fertilizante.
- El ecosistema de bosque natural emitió cantidades importantes de óxido nitroso y de dióxido de carbono a la atmósfera, siendo menores las emisiones de estos gases en el ecosistema de café a plena exposición solar que las determinadas en el bosque natural.
- La concentración de amonio y nitrato del suelo se relacionó con la emisión de óxido nitroso.

- La cantidad de carbono almacenado en el suelo fue ligeramente inferior en el ecosistema de bosque natural que en el ecosistema de café con sombra regulada, en el caso del cultivo a plena exposición solar, este sistema presentó menor cantidad de carbono en el suelo que el bosque.
- Ambos sistemas de producción de café mantienen en su ciclo productivo, y fijan anualmente, grandes cantidades de carbono, y por lo tanto, son muy importantes para regular el efecto invernadero ya que contribuyen a amortiguar el Calentamiento Global.

**Se recomienda:**

- Determinar el efecto de diferentes variables del suelo sobre el patrón de emisión de ambos gases evaluados.
- Impulsar el mejoramiento de la productividad del cultivo como una forma de incrementar la cantidad de carbono fijado y mantenido dentro del ciclo productivo, al mismo tiempo que se mejora la eficiencia de la emisión.
- Incluir los ecosistemas de café dentro de las actividades que reciben pago por servicios ambientales.

**AGRADECIMIENTOS:**

Se agradece el apoyo financiero del IMN y de PNUD-GEF, que hicieron posible la realización de estas investigaciones. Un reconocimiento especial al Lic. Gustavo López, Analistas de Sistemas, por el apoyo en el análisis estadístico de la información y al señor Oscar Rodríguez por su apoyo en la recolección de los datos de campo.

**LITERATURA CITADA**

- BEKKERING, D. 1992. Using tropical forest to fix atmospheric carbon: the potential in theory and practice. *Ambio* 21(6):414-419.
- BOUWMAN, A. 1992. Estimated global source distribution of nitrous oxide. *In* K. Minami; A. Mobier and R. Sass (eds).  $CH_4$  and  $N_2O$ . Yokendo Publishers, Tokyo. 147-160.
- BROWN, K.; NEIL-ADGER, W. 1994. Economic and political feasibility of international carbon offsets. *Forest Ecology Management* 38:173-199.
- CICERONE, R. 1989. Analysis of sources and sinks of atmospheric nitrous oxide ( $N_2O$ ). *J. Geophys. Res.* 94:18265-18271.

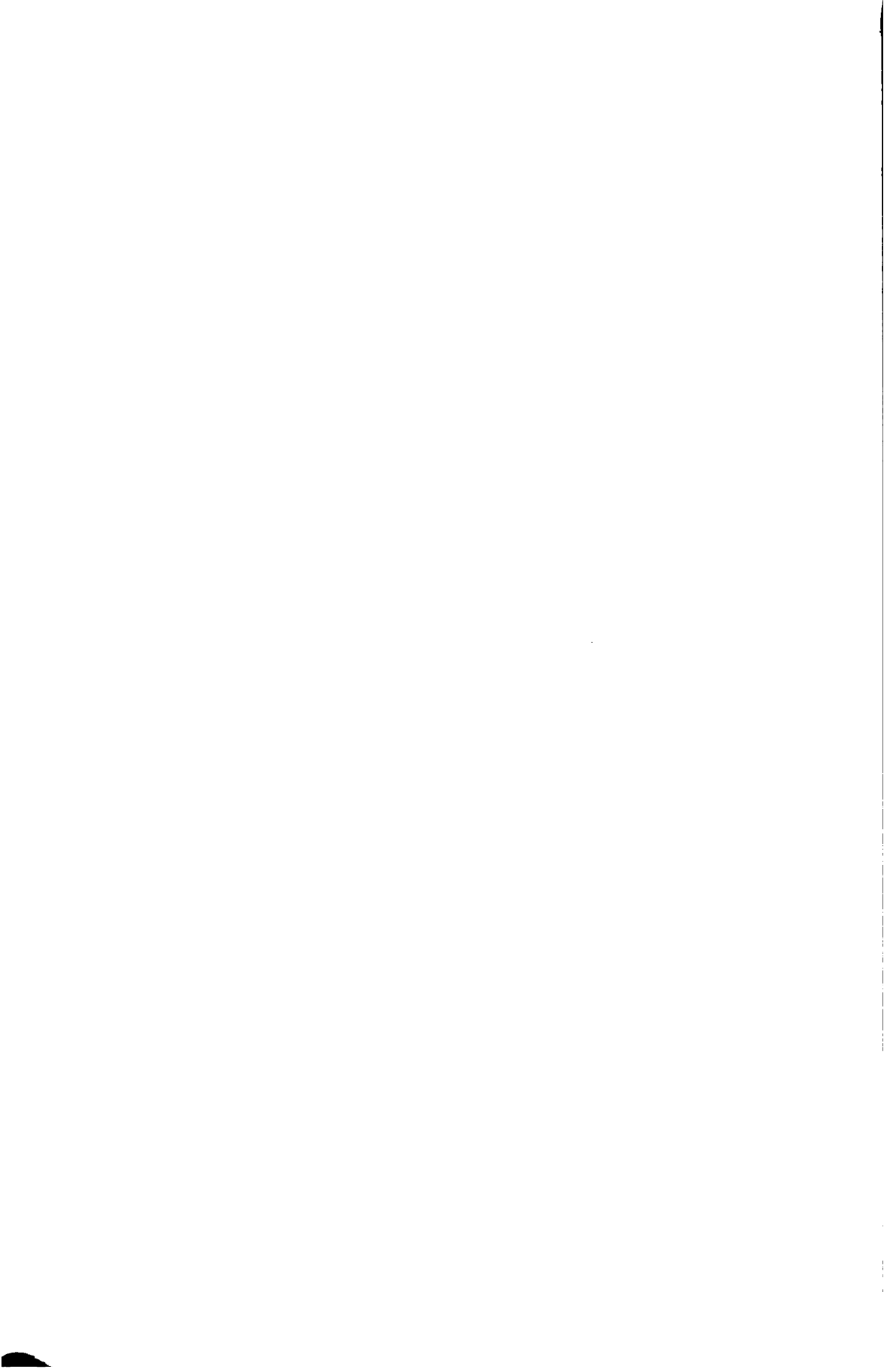
- CHRISTENSEN, S. 1983. Nitrous oxide emission from a soil under permanent grass: seasonal and diurnal fluctuations as influenced by manuring and fertilization. *Soil Biol. Biochem.* 15(5):531-536.
- DAVIDSON, E.; MATSON, P.; BROOKS, P. 1996. Nitrous emission controls and inorganic nitrogen dynamic in fertilized tropical agricultural soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60:1145-1152.
- DETWILLER, R.; HALL, C. 1988. Tropical forest and the global carbon cycle. *Science* 239:42-47.
- EICHNER, M. 1990. Nitrous oxide emissions from fertilized soils: Summary of available data. *J. Environ. Qual.* 19:272-280.
- FORSYTHE, W. 1980. Física de suelos. IICA, San José, Costa Rica. 212 p.
- FOURNIER, L. 1988. El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra, un enfoque agronómico y ecofisiológico. *Agronomía Costarricense.* 12:131-146.
- FOURNIER, L. 1995. Fijación de carbono y diversidad biológica en el ecosistema cafetero. *In: XVII Simposio sobre caficultura latinoamericana.* San Salvador, El Salvador. 23-27 Oct. Memorias.
- GALLOWAY, G.; BEER, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales de América Central. Serie Técnica. Informe Técnico No. 285. CATIE, Turrialba, Costa Rica. pp. 103-128.
- GARDINI, F.; VITTORI, L.; GERZONI, M.; SEQUI, P. 1991. A simple gas chromatographic approach to evaluate CO<sub>2</sub> release, N<sub>2</sub>O evolution, and O<sub>2</sub> uptake from soil. *Biol. Fertil. Soil.* 12:1-4.
- HOUGHTON, R.; BOONE, R.; MELILLO, J.; PALM, C.; WOODWELL, G.; MYERS, N.; MOORE, B.; SKOLE D. 1985. Net flux of carbon dioxide from Tropical Forest in 1980. *Nature.* 316: 617-620.
- HOUGHTON, R.; SKOLE, D.; LEFROWITZ, D. 1991. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. II- Net release of CO<sub>2</sub> to the atmosphere. *Forest Ecology and Management.* 38:173-199.
- HOLDRIEDGE, L. 1996. Ecología basada en zonas de vida. IICA, San José, Costa Rica. 216 p.
- KELLER, M.; KAPLAN, W.; WOFSEY, S. 1986. Emission of N<sub>2</sub>O, CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> from tropical forest soil. *J. Geop. Res.* 91:11791-11802.
- KELLER, M.; VELDKAM, E.; WEITZ, A.; REINERS, W. 1993. Effects of pasture age on soil trace-gas emission from a deforested area of Costa Rica. *Nature.* 365:244-246.

- KHALIL, M.; RASMUSSEN, R. 1992. The global sources of nitrous oxide. *J. Geophys. Res.* 97:14651-14660.
- MATSON, P.; VITOUSEK, P. 1995. Nitrogen trace gas emission in a tropical dry forest ecosystem. *In: Stephen Bullock, Harold Mooney and Ernesto Medina (eds) Seasonally dry tropical forest.* pp.384-398.
- MATSON, P.; VITOUSEK, P. 1987. Cross-system comparisons of soil nitrogen transformation and nitrous oxide flux in tropical forest ecosystems. *Global Biogeochem. Cycles* 1:163-170.
- PRINN, R.; CUNNOLD, D.; RASMUSSEN, R.; SIMMONDS, P.; ALYEA, F.; CRAWFORD, A.; FRASER, P.; ROSEN, R. 1990. Atmospheric emissions and trends of nitrous oxide deduced from 10 years of ALEGAGE data. *Journal of Geophysical Research* 95:18369-18385.
- SANHUEZA, E.; MIN HAO, W.; SCHARFFE, D.; DONOSO, L.; CRUTZEN, P. 1990. N<sub>2</sub>O and NO emissions from soils of the Northern Part of the Guayana Shield, Venezuela. *Journal of Geophysical Research* 95:22481-22488.
- SEPSA (SECRETARIA EJECUTIVA DE PLANIFICACION SECTORIAL). 1998. Boletín estadístico sectorial agropecuario No. 9. 28 p.
- VELDKAMP, E.; KELLER, M.; NUÑEZ, M. 1994. Effects of management on N<sub>2</sub>O and NO emissions from pasture soil in the humid tropics of Costa Rica. *Global Biogeochemical Cycles.* Submitted.
- VELTHOF, G.; BRADER, A.; OENEMA, O. 1996. Seasonal variations in nitrous oxide losses from managed grasslands in The Netherlands. *Plant and soil* 181:263-274.
- VELDKAMP, E. 1993. Soil organic carbon dynamic in pastures established after deforestation in the humid tropic of Costa Rica. Ph.D. thesis, Wageningen Agricultural University, The Netherlands. 117p.
- VELTHOF, G.; JARVIS, S.; STEIN, A.; ALLEN, A.; OENEMA, O. 1996. Spatial variability of nitrous oxide fluxes in mown and grazed grassland on a poorly drained clay soil. *Soil Biol. Biochem.* 28(9):1215-1225.
- WEIER, K.; MACRAE, I.; MYERS, R. 1991. Seasonal variation in denitrification in a clay soil under a cultivated crop and a permanent pasture. *Soil Biol. Biochem.* 23(7):629-635.



## **II. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN**

- **MANEJO DEL CULTIVO**
- **NUTRICIÓN DEL CAFÉ**
- **GENÉTICA Y MEJORAMIENTO**
- **MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS**
- **BENEFICIADO Y CALIDAD DE LA BEBIDA**



## ● **MANEJO DEL CULTIVO**



**VARIACIONES MICROCLIMATICAS Y DENSIDAD DE FLUJO  
DE SAVIA EN PLANTAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)  
CONDUCIDAS EN DIFERENTES RÉGIMENES DE LUZ**

Joel I. Fahl<sup>1</sup>  
Maria Luiza C. Carelli,  
José Ricardo M. Pezzopane,  
Raquel Magossi,  
Eduardo L. Alfonsi

**RESUMEN**

Con el propósito de cuantificar las alteraciones microclimáticas y la densidad de flujo de savia leñosa (DFS) en plantas de café (*Coffea arabica* L.) conducidas en diferentes regimenes de luz, ha sido instalado un experimento durante el período seco y frío del año 2000, en una cultura del cultivar Obatã-IAC 1669-20, con 3 años de edad, plantado en el espaciamiento de 2,0 x 1,0 m (una planta por hoyo) en latosolo roxo, localizado en el municipio de Rio Claro-SP, sudeste de Brasil (22° 32' S, 47° 27' W) a 710 m de altitud. Se ha verificado, que la planta mantenida a pleno sol presentó durante el día la mayor DFS, seguida en orden decreciente por las plantas mantenidas a 70%, 50% e 30% de luz. La intensidad del régimen de luz influyó de forma directa la velocidad del crecimiento de la DFS y los valores máximos alcanzados. Durante todo el período nocturno, la temperatura del aire bajo cobertura de tela "sombrite" de 50% ha sido mayor que la temperatura a solana, llegando al punto mínimo con una diferencia de aproximadamente 1° C. El crecimiento del área foliar por planta no ha sido alterado por la reducción de la luz solar hasta el nivel de 50%, comprobándose una disminución significativa en régimen con 30% de luz solar. Considerandose la integración diaria da DFS ha sido observado un decrecimiento lineal en función de la reducción del nivel de luz. Las reducciones de la DFS en las plantas sombreadas ha demostrado ser más dependiente a la limitación de la irradiación recibida por la planta, de que los déficits de presión de vapor del ambiente al que están submetidos. Teniendo en cuenta que la relación entre la DFS y el índice del área de las hojas como indicativo de la pérdida de agua por la cultura, se ha verificado que hasta el nivel de 50% de sombreadamiento ha ocurrido una considerable reducción en la pérdida del agua por la cultura sin provocar daño a su desarrollo.

---

<sup>1</sup> Centro de Ecofisiologia y Biofísica – Instituto Agronómico de Campinas, Caja Postal 28, CEP 13001-970, Campinas, SP, Brasil. E-mail: fahl@barao.iac.br

**Palabras clave:** Irradiación, densidad de flujo de savia, *Coffea arabica*, café, déficit de presión de vapor.

## INTRODUCCIÓN

El cafeto (*Coffea arabica* L.) es una planta originaria del sub-bosque, donde se desarrolla bajo ambiente de sombra moderada (Camargo & Pereira, 1994).

En Brasil, la caficultura se ha desarrollado extensivamente en ambiente de pleno sol, donde normalmente la planta propende a expresar todo su potencial productivo, desde que se haga el uso intensivo de abonos y haya un suprimiento hídrico adecuado. Asimismo, el cultivo continuo a pleno sol en las regiones de menores altitudes (500-600 m), han llevado a un acentuado declinio de la productividad debido a la baja sustentabilidad del sistema, agravado por condiciones microclimáticas extremas y bajo nivel de utilización tecnológica, ocurriendo en algunas regiones el desestímulo a la actividad de la caficultura con reducción drástica del área cultivada.

En diversos países tropicales es una práctica común el plantío de diversas especies de árboles, principalmente las leguminosas asociadas a los cafetales (Baggio et al, 1997). En Brasil, trabajos iniciales han estudiado la viabilidad de la utilización de especies arbó-

reas en el sombreado de cafetales (Carvalho et al, 1961; Franco, 1963). Sin embargo, en todos esos estudios han sido utilizados niveles excesivos de sombra, conduciendo a decrecimiento en la producción, desestimulando el uso del sombreado en cafetales brasileños (Caramori et al, 1996).

Posteriormente, han sido efectuados estudios con sombreado moderado, por medio del uso de especies arbóreas poco competitivas y en baja densidad de plantío, con lo cual, han demostrado que ese sistema de cultivo puede contribuir para mantener la estabilidad de producción y añadiéndose además la renta del productor (Matiello & Almeida, 1991; Baggio et al, 1997). Baggio et al (1997), han verificado durante diez años que la arborización con *Grevillea* (*Grevillea robusta*) en densidad de hasta 71 plantas por hectarea, proporciona protección contra extremos de radiación solar, viento y temperatura, sin ocasionar disminución en la producción de los cafetales.

Sin embargo, los estudios sobre la arborización en cafetales no han cuantificado las intensidades del sombreado y las respuestas fisiológicas de las plantas a ese ambiente de cultivo.

El objetivo del presente trabajo ha sido cuantificar las alteraciones microclimáticas y la densidad del flujo de la savia leñosa, en plantas de café conducidas en diferentes regimenes de luz.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Este estudio ha sido conducido durante el período seco y frío del año 2000, en una cultura comercial de café del cultivar Obatã-IAC 1669-20, con 3 años de edad, plantado en el espaciamiento de 2,0 x 1,0 m (una planta por hoyo) en latosolo roxo, localizado en el municipio de Rio Claro-SP, sudeste de Brasil (22° 32' S, 47° 27' W) a 710 m de altitud. Las plantas presentaban un promedio de 1,40 m de altura así como de proyección de la copa y el tronco con diámetro de 30 mm, medido a 25 cm del suelo. El área foliar por planta ha sido calculado a través de la sumatoria del producto de la longitud x ancho x fator 0,62 de todas las hojas individuales, como previamente descrito por Fahl et al (1992). Las medidas fueron efectuadas en plantas que habian sido previamente (veinticuatro días antes) irrigadas con 30 mm y que recibieron el mismo riego cuarenta y ocho horas antes, buscandose alcanzar la plena disponibilidad del agua en el suelo. Los ensayos contenían 20 plantas en línea separadas por bordadura sim-

ples con igual número de plantas. Los tratamientos consistieron de los siguientes regimenes de irradiación: pleno sol, 70%, 50% e 30% de la luz solar, que han sido obtenidos por medio del uso de telas "sombrites" con las referidas capacidades de retención de la luz solar, y colocadas a 1,5 m arriba del topo de las plantas.

Las determinaciones se iniciaron después de que las plantas permanecieron diez meses bajo el tratamiento de luz. Las medidas de la densidad de flujo de savia leñosa han sido realizadas de forma directa, en cuatro plantas representativas, siendo una de cada régimen de luz, utilizandose cuatro sensores de flujo de calor (SGB 25-WS, Dynamax Inc) instalados en la base del tronco de cada una de las plantas.

Las medidas de temperatura y humedad del aire han sido realizadas próximas a las plantas de pleno sol y de 50% de luz, colocandose los sensores dentro de un abrigo meteorológico de 12 platos, dispuestos a 1,5 m de altura. La radiación fotosintética activa (PAR) ha sido obtenida al nivel del dosel del tratamiento a pleno sol utilizandose un cuantómetro (LI. L90 SA, LICOR). Todos los sensores han sido acoplados a un sistema de adquisición de datos (CR10X, Campbell Sci), programados para lecturas en intervalos de 1 minuto e integración a cada 15 minutos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La figura 1 A muestra la variación simultánea de las densidades de flujo de savia leñosa (DFS) de cuatro plantas de café, conducidas en diferentes regímenes de luz.

Se puede observar que la planta mantenida a pleno sol presentó durante el día las mayores tasas, seguidas por la de 70%, 50% e 30% de luz.

Se verifica en todas las plantas, que el inicio del flujo de savia, presentó relación más estrecha con el déficit de presión de vapor (DPV) (Fig. 1 C) de que con el inicio de la irradiación. Respuesta semejante fue observada por Granier et al, (1996) en especies de floresta tropical húmeda. Por otro lado se puede verificar en la misma figura (Fig. 1 A) que en las plantas de pleno sol e 70% de luz la DFS alcanza los valores más elevados en el período de las 10:00 hs a las 14:00 horas, cuando empiezan a decrecer llegando a valores mínimos a partir de las 23:00 horas. La DFS de plantas a 50% de luz, con valores significativamente menores de que las plantas anteriores, aumentó hasta las 14:00 horas decreciendo a seguir de forma semejante a las anteriores. La DFS de la planta a 30% de luz presentó tasa de crecimiento inicial semejante al de la planta a 50% de luz, sin embargo al llegar cerca de una tercera parte del valor alcanzado por la planta a 50% de luz, presentó un decrecimiento

continuo, alcanzando valores mínimos a las 23:00 hs.

La baja densidad de flujo presentado por la planta a 30% de luz parece ser limitada por la baja disponibilidad de irradiación. Granier et al (1996) han observado en floresta tropical húmeda, que plantas sombreadas presentaron menor densidad de flujo de savia que las plantas dominantes.

La figura 1 B muestra la variación diaria de la temperatura y humedad relativa del aire en las plantas conducidas a pleno sol y a 50 % de luz. Se puede observar que durante todo el período nocturno, la temperatura del aire bajo la cobertura de la tela de 50% ha sido mayor que la temperatura a solana, llegando al punto mínimo, con una diferencia de aproximadamente 1° C. Comportamiento opuesto ha sido observado en la evolución de la humedad relativa en el mismo período. Puede decirse que este efecto originase probablemente, por la mayor pérdida de energía que ocurre en las plantas conducidas a pleno sol (Sentelhas et al, 1997). En el período diurno, se ha observado que la temperatura en el tratamiento a 50% de luz ha sido, en las horas más cálidas, significativamente mayor que en el tratamiento a pleno sol, probablemente debido a la retención de la radiación de la longitud de onda larga por la tela "sombrite" y la baja renovación del aire.



El cuadro 1 muestra el crecimiento de las hojas y la densidad diaria del flujo de savia leñosa de las plantas, bajo los cuatro regimenes de luz obtenidos en el día 14/07/2000.

Puede ser observado que el crecimiento del área foliar por planta no ha sido alterado por la reducción de la luz solar hasta el nivel de 50%. En el régimen de luz de 30%, ocurrió un decrecimiento significativo en el área de las hojas, apesar de la planta presentar la misma altura y anchura de la copa. Resultados semejantes han sido verificados en plantas jóvenes de café por Fahl et al, (1994) e Carelli et al, (1999).

Considerandose la integración de la densidad del flujo de savia durante el período comprendido entre 6:00 y 24:00 horas, se puede comprobar que ocurrió un decrecimiento lineal en función de la reducción del nivel de luz, estando igual el suelo en todos los ambientes, con amplia disponibilidad de agua.

Observandose la figura 1 A y los datos presentados en el cuadro 1, se denota que las reducciones de las densidades de flujo de las plantas conducidas en ambiente sombreado, parecen ser más dependientes de la limitación de la irradiación recibida por la planta, que cae a valores inferiores al de la saturación lumínica del cafeto (Fahl et al, 1994), de que lo de los déficits de presión de vapor de los ambientes a que están submetidos, una vez que, en las horas

más cálidas del día, esos ambientes exhiben DPV superiores a los verificados a solana (Figura 1 C). Considerandose que la relación entre la densidad de flujo de savia y el índice del área foliar, como indicativo de la pérdida de agua por la cultura, se puede comprobar que hasta el nivel de 50% de sombreado, ocurrió una considerable reducción en la pérdida de agua por la cultura sin provocar daño a su desarrollo. Eso podría ser extremadamente ventajoso en condiciones de alta demanda evaporativa y baja disponibilidad de agua en el suelo.

## CONCLUSIONES

- 1- Planta de café conducida a pleno sol ha presentado durante el día la mayor densidad de flujo de savia y seguida en orden decreciente por las plantas mantenidas a 70%, 50% e 30% de luz.
- 2- La intensidad del régimen de luz ha influenciado, de forma directa, la velocidad del crecimiento de la densidad de flujo de savia y los valores máximos alcanzados.
- 3- La densidad de flujo de savia diaria ha decrecido linealmente en función de la reducción del nivel de luz.
- 4- Las reducciones de las densidades de flujo de seiva de las plantas sombreadas, han demos-

trado ser más dependientes a la limitación de la irradiación de que a los déficits de presión de vapor.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consórcio Brasileiro de Pesquisa y Desarrollo del Café – CBP&D/ Café y al Consejo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico – CNPq, por el apoyo financiero.

## BIBLIOGRAFÍA

- BAGGIO, A.J.; CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; MONTOYA, L. 1997. Productivity of southern Brazilian coffee plantations shaded by different stocking of *Grevillea robusta*. *Agroforestry Systems* 37:111-120.
- CAMARGO, A.P.; PEREIRA, A.R. 1994. Agrometeorology of coffee crop. *World Meteorological Organization, Geneva, Switzerland, WMO/TD n.615, 43pp.*
- CARAMORI, P.H.; ANDROCIOLI FILHO, A.; LEAL, A.C. 1996. Coffee shade with *Mimosa scabrella* Benth, for frost protection in southern Brazil. *Agroforestry Systems* 33:205-214.
- CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TRIVELIN, P.C.O.; QUEIROZ-VOLTAN, R.B. 1999. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *Coffea* species grown under different irradiance regimes. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 11:63-68.
- CARVALHO, A.; KRUG, C.A.; MENDES, J.E.T.; ANTUNES FILHO, H.; JUNQUEIRA, A.R.; ALOISI SOBRINHO, J.; ROCHA, T.R.; MORAES, M.V. 1961. Melhoramento do cafeeiro. XXI – Comportamento regional de variedades, linhagens e progênies de café ao sol e à sombra. *Bragantia* 20:1045-1142.
- FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; MAGALHÃES, A.C. 1992. Asimilación de carbono y nitrógeno en hojas de café. *Turrialba* 42:523-527.
- FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A.C. 1994. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). *Journal of Horticultural Science* 69:161-169.
- FRANCO, C.M. 1963. Fisiologia do cafeeiro. In: *Cultura e adubação do cafeeiro*, pp. 57-

76, Instituto Brasileiro da Potassa, São Paulo, Brasil,

GRANIER, A.; HUC, R.; BARIGAH, S.T. 1996. Transpiration of natural rain forest and its dependence on climatic factors. *Agricultural and Forest Meteorology* 78:19-29.

MATIELLO, J.B.; ALMEIDA, S.R. 1991. Sistemas de combinação de café com seringueira, no sul de Minas Gerais. 17º Congresso Brasileiro de

Pesquisas Cafeeiras, Varginha, MG, p. 112-114.

SENTELHAS, P.C. VILLA NOVA, N.A.; ANGELOCCI, L.R. 1997. Efeito de diferentes tipos de cobertura, em mini-estufas, na atenuação da radiação solar e da luminosidade. In: X Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, Piracicaba, SP, p. 479-481

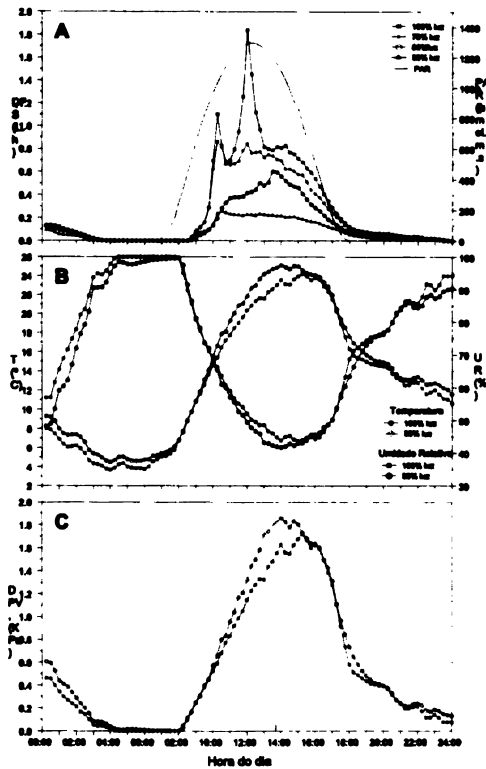


Figura 1. (A). Variación diaria de densidad de flujo de savia (DFS) de plantas de café (*Coffea arabica* L.), en cuatro regimenes de luz y Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR) a pleno sol en el día 14/07/2000 en Rio Claro-SP. (B) Variación diaria de la temperatura del aire (T) y Humedad Relativa (HR) en dos regimenes de luz y (C) Variación diaria del Déficit de la Presión del Vapor (DPV) en dos regimenes de luz.

**Cuadro 1.** Características fisiológicas de plantas de café (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes regímenes de luz. (Medidas efectuadas en el día 14/07/2000).

Regímenes de Luz (%)	Niveles de Luz ( $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )			Área foliar ( $\text{m}^2 / \text{planta}$ )	Índice de Área Foliar (IAF) ( $\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$ )	Densidad de Flujo de Savia (DFS) ( $\text{L} / \text{día}^{-1}$ )	DFS/ IAF ( $\text{L} \cdot \text{día}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$ )
	9:30 hs	12:00 hs	14:30 hs				
100	850	1300	960	13.02	6.51	6.14	0.94
70	545	910	670	14.85	7.42	4.06	0.54
50	345	650	480	14.06	7.01	2.39	0.34
30	265	390	290	8.71	4.36	1.92	0.44

**Tabla 1.** Fotosíntesis neta, contenidos de clorofilas *a*, *b* y total y azúcares totales en hojas de cultivares de café crecidos a pleno sol, 50% de la luz solar y 30% de la luz solar. Valores medios  $\pm$  desviaciones promedio de diez repeticiones..

Cultivar	Nivel de Luz (% sol)	Fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Clor. <i>a</i> ( $\text{mg m}^{-2}$ )	Clor. <i>b</i> ( $\text{mg m}^{-2}$ )	Clor. total ( $\text{mg m}^{-2}$ )	Azúcares Totais (%)
Apostã	30	4.64 ( $\pm 0.87$ )	12.4 ( $\pm 1.0$ )	11.9 ( $\pm 1.2$ )	29.4 ( $\pm 2.7$ )	4.02 ( $\pm 0.28$ )
	50	7.90 ( $\pm 0.57$ )	16.1 ( $\pm 0.9$ )	15.0 ( $\pm 1.5$ )	38.0 ( $\pm 3.6$ )	8.66 ( $\pm 0.62$ )
	100	8.02 ( $\pm 0.73$ )	10.2 ( $\pm 0.6$ )	9.4 ( $\pm 0.4$ )	22.8 ( $\pm 1.2$ )	7.72 ( $\pm 0.58$ )
Catuai	30	5.28 ( $\pm 0.67$ )	17.6 ( $\pm 1.8$ )	17.3 ( $\pm 1.8$ )	42.3 ( $\pm 4.8$ )	7.78 ( $\pm 0.62$ )
	50	8.28 ( $\pm 0.35$ )	20.0 ( $\pm 1.2$ )	18.8 ( $\pm 1.6$ )	47.4 ( $\pm 4.0$ )	10.80 ( $\pm 0.36$ )
	100	8.71 ( $\pm 0.72$ )	15.9 ( $\pm 1.7$ )	15.5 ( $\pm 1.7$ )	37.2 ( $\pm 4.5$ )	8.46 ( $\pm 0.65$ )
Bourbon	30	5.73 ( $\pm 0.37$ )	18.4 ( $\pm 1.5$ )	18.2 ( $\pm 1.6$ )	44.6 ( $\pm 4.0$ )	4.99 ( $\pm 0.36$ )
	50	7.77 ( $\pm 0.42$ )	16.8 ( $\pm 0.4$ )	15.0 ( $\pm 0.6$ )	38.0 ( $\pm 1.7$ )	7.90 ( $\pm 0.53$ )
	100	7.21 ( $\pm 0.30$ )	18.6 ( $\pm 1.3$ )	18.3 ( $\pm 1.3$ )	38.6 ( $\pm 3.4$ )	7.09 ( $\pm 0.18$ )
Mundo Novo	30	5.30 ( $\pm 0.59$ )	18.0 ( $\pm 1.7$ )	18.0 ( $\pm 2.1$ )	43.6 ( $\pm 4.9$ )	5.90 ( $\pm 0.37$ )
	50	7.07 ( $\pm 0.67$ )	17.0 ( $\pm 0.8$ )	15.5 ( $\pm 1.0$ )	39.2 ( $\pm 1.1$ )	9.30 ( $\pm 0.32$ )
	100	7.03 ( $\pm 0.31$ )	16.1 ( $\pm 1.1$ )	15.6 ( $\pm 1.4$ )	37.5 ( $\pm 3.0$ )	6.55 ( $\pm 0.46$ )
Icatu	30	5.19 ( $\pm 1.03$ )	19.1 ( $\pm 1.4$ )	19.4 ( $\pm 1.8$ )	46.3 ( $\pm 4.0$ )	4.96 ( $\pm 0.25$ )
	50	6.24 ( $\pm 0.75$ )	18.1 ( $\pm 1.5$ )	16.9 ( $\pm 1.1$ )	42.4 ( $\pm 2.8$ )	8.34 ( $\pm 0.60$ )
	100	6.97 ( $\pm 1.01$ )	17.1 ( $\pm 2.5$ )	16.5 ( $\pm 2.6$ )	39.3 ( $\pm 5.9$ )	6.70 ( $\pm 0.63$ )

**Tabla 2.** Crecimiento, teores de nitrógeno total y actividad *in vivo* de la enzima reductasa de nitrato en hojas de cultivares de café crecidos a pleno sol, 50% de la luz solar y 30% de la luz solar. Valores medios  $\pm$  desviaciones promedio de diez repeticiones.

Cultivar	Nivel de Luz	Altura de Planta	Area Foliar Planta	Teores de Nitrogeno		Reductasa de Nitrato
	(% sol)	(cm)	(cm <sup>2</sup> )	(% N)	g N m <sup>-2</sup>	$\mu\text{mol NO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$
Apostol	30	41.4 ( $\pm$ 5.6)	1003 ( $\pm$ 207)	4.49 ( $\pm$ 0.37)	1.58 ( $\pm$ 0.13)	2.01 ( $\pm$ 0.16)
	50	47.2 ( $\pm$ 5.1)	1115 ( $\pm$ 110)	4.09 ( $\pm$ 0.15)	2.17 ( $\pm$ 0.08)	1.22 ( $\pm$ 0.27)
	100	43.1 ( $\pm$ 3.5)	970 ( $\pm$ 86)	4.09 ( $\pm$ 0.26)	2.23 ( $\pm$ 0.14)	0.75 ( $\pm$ 0.18)
Casuai	30	28.5 ( $\pm$ 6.7)	703 ( $\pm$ 89)	3.76 ( $\pm$ 0.13)	1.72 ( $\pm$ 0.06)	2.99 ( $\pm$ 0.18)
	50	35.4 ( $\pm$ 6.3)	868 ( $\pm$ 80)	4.36 ( $\pm$ 0.15)	2.60 ( $\pm$ 0.10)	2.57 ( $\pm$ 0.09)
	100	35.6 ( $\pm$ 2.9)	808 ( $\pm$ 105)	4.36 ( $\pm$ 0.26)	2.55 ( $\pm$ 0.15)	1.61 ( $\pm$ 0.15)
Bourbon	30	46.8 ( $\pm$ 9.3)	736 ( $\pm$ 129)	4.44 ( $\pm$ 0.25)	1.97 ( $\pm$ 0.11)	2.61 ( $\pm$ 0.29)
	50	50.0 ( $\pm$ 12.6)	720 ( $\pm$ 109)	4.29 ( $\pm$ 0.25)	2.35 ( $\pm$ 0.14)	2.00 ( $\pm$ 0.24)
	100	54.0 ( $\pm$ 4.2)	650 ( $\pm$ 62)	4.62 ( $\pm$ 0.15)	2.74 ( $\pm$ 0.09)	1.01 ( $\pm$ 0.31)
Mundo Novo	30	39.0 ( $\pm$ 10.1)	709 ( $\pm$ 106)	4.09 ( $\pm$ 0.15)	1.85 ( $\pm$ 0.06)	2.12 ( $\pm$ 0.36)
	50	53.0 ( $\pm$ 10.1)	934 ( $\pm$ 112)	4.62 ( $\pm$ 0.15)	2.44 ( $\pm$ 0.08)	1.12 ( $\pm$ 0.33)
	100	54.5 ( $\pm$ 5.2)	804 ( $\pm$ 83)	4.69 ( $\pm$ 0.39)	2.62 ( $\pm$ 0.22)	0.70 ( $\pm$ 0.22)
Icatu	30	42.0 ( $\pm$ 5.4)	687 ( $\pm$ 37)	4.56 ( $\pm$ 0.25)	2.09 ( $\pm$ 0.11)	2.33 ( $\pm$ 0.22)
	50	47.7 ( $\pm$ 8.3)	791 ( $\pm$ 123)	4.36 ( $\pm$ 0.26)	2.46 ( $\pm$ 0.15)	2.32 ( $\pm$ 0.25)
	100	58.5 ( $\pm$ 5.5)	799 ( $\pm$ 50)	4.39 ( $\pm$ 0.37)	2.80 ( $\pm$ 0.23)	1.42 ( $\pm$ 0.17)



## CRECIMIENTO Y ASIMILACIÓN DEL CARBONO Y NITRÓGENO EN PLANTAS JÓVENES DE *COFFEA* EN CONDICIONES DE SOL Y DE SOMBRA

Maria Luiza C. Carelli\* & Joel I. Fahl'

### RESUMEN

El cafeto es una planta de sombra pero en Brasil es cultivado a pleno sol, presentando alta capacidad de adaptación. En el presente trabajo han sido investigados el crecimiento y los procesos de asimilación de carbono y nitrógeno en tres cultivares de *Coffea arabica* (Catuaí Vermelho, Mundo Novo e Bourbon Vermelho) un de *C. canephora* (Apoatã) y en el híbrido entre esas dos especies (Icatu Amarillo), crecidos en condiciones de sombra y posteriormente transferidos para tres regímenes de irradiación: pleno sol, 50% e 30% de la luz solar. En todos los cultivares la fotosíntesis neta ha presentado valores semejantes en las plantas cultivadas a pleno sol y a 50% de la luz solar, que han sido significativamente mayores del que en el tratamiento 30% de la luz solar. Los mayores contenidos de azúcares totales han sido obtenidos en las plantas cultivadas a 50% y los menores a 30% de la luz solar. El efecto de los regímenes de irradiación sobre los contenidos de clorofilas *a*, *b* y total ha variado entre los cultivares. En el Apoatã y Catuaí han sido mayores a 50% de la luz solar y en el Mundo Novo, Bourbon e Icatu a 30% de la luz solar. La relación clorofila *a/b* no ha sido influenciada por los regímenes de luz, manteniendose alrededor de 1.0 para todos los cultivares. El contenido de nitrógeno total, expresado por unidad del área foliar ha sido mayor a 50 y 100% de la luz solar, en relación a las condiciones de baja irradiación (30% de luz). La actividad de la enzima reductasa del nitrato ha disminuido con el aumento de los regímenes de luz. El crecimiento, evaluado por determinaciones de altura de la planta y del área foliar, no ha sido diferente entre las plantas crecidas a pleno sol y a 50% de la luz solar, pero ha sido significativamente reducido a 30% de la luz solar.

**Palabras clave:** irradiación, fotosíntesis, reductasa del nitrato, azúcares, clorofila, crecimiento, *Coffea sp.*

## INTRODUCCIÓN

El cafeto por ser originario del continente africano, donde crece permanentemente bajo densas florestas tropicales, al inicio se la consideró como una planta de sombra, y en su cultivo económico se buscó simular las condiciones de origen. En Brasil, el cafeto es cultivado económicamente a pleno sol, y hasta recientemente en amplios distanciamientos, pero las plantas son producidas en viveros en condiciones sombreadas. La práctica del cafeto a pleno sol conduce a la alta productividad, pero también a una serie de problemas, tanto en el establecimiento como en el desarrollo y producción de la cultura.

Cuando las plantas son transferidas para el campo experimentan irradiaciones más elevadas de las que están presentes en los viveros. Por lo tanto, una fracción significativa de las plantas pueden llegar a la muerte, como consecuencia de la severa fotoinhibición a la que son sometidas, aunque adecuadamente irrigadas (Nunes et al., 1993). Si después del trasplante, la disponibilidad de agua en el suelo es limitante, los daños serán aun mayores, probablemente por el agravamiento de la fotoinhibición debido al déficit hídrico (Da Matta et al., 1997).

El cafeto presenta gran capacidad de adaptación a la transición de la sombra para el sol, la cual está fuerte-

mente influenciada por el nivel de nutrición nitrogenada suministrando a las plantas (Fahl et al., 1994). Varios trabajos, efectuados en plantas de *C. arabica* crecidas en la sombra, demostraron que la alta disponibilidad de nitrógeno ha sido un factor decisivo en la protección contra la fotoinhibición de la fotosíntesis cuando transferidas para alta irradiación (Fahl et al., 1994; Ramalho et al., 1997; 1998; 1999). En el presente trabajo ha sido evaluado el crecimiento y la asimilación del carbono y nitrógeno en diversos cultivares de *Coffea* transferidos de condiciones sombreadas para diversos regímenes de luz, con amplia disponibilidad de agua y de nitrógeno para las plantas.

## MATERIAL Y MÉTODOS

Plantas de cinco cultivares de café, tres pertenecientes a la especie *Coffea arabica* (Catuaí Vermelho IAC 81, Mundo Novo IAC 388-17 y Bourbon Vermelho), un representante de *C. canephora* (Apoatã IAC 3597), y un linaje derivado del híbrido interespecífico de *C. arabica* e *C. canephora* (Icatu Amarillo IAC 3282), crecieron en macetas, en casa de vegetación, durante cinco meses. Pasado ese tiempo, tres lotes uniformes de cada cultivar han sido seleccionados y colocados en condiciones



naturales, fuera de la casa de vegetación, y sometidos por un período adicional de cinco meses a los siguientes tratamientos de luz: a) pleno sol ; b) 50% de la luz solar; c) 30% de la luz solar.

El sombreado se ha obtenido a través del uso de telas "sombrites" con capacidad para retención de 70 e 50% de la luz solar. Esos regímenes de luz han suministrado durante las medidas (entre 9:30 y 12:00 hs) valores promedios de DPFF (densidad fotosintética de flujo de fónons) de  $1500 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (pleno sol),  $650 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (50% de la luz solar) e  $290 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (70% de la luz solar) al nivel de las macetas. Todas las plantas se han irrigado una vez por semana con solución nutritiva de Hoagland y diariamente con agua, suficiente para permitir el libre drenaje de las macetas. Después haber permanecido cinco meses bajo el tratamiento de luz (plantas con diez meses de edad) se efectuaron las diversas medidas en el par de hojas más joven recientemente expandido del ramo ortotrópico (2° o 3° par de hojas a partir del ápice).

La fotosíntesis neta y la densidad fotosintética de flujo de fónons han sido determinadas, en las propias condiciones de crecimiento de las plantas, con un sistema portátil de cambios gaseosos fotosintéticos (LI-6200, LICOR INC. Lincoln, USA) entre 9:30 y 12:00 horas durante dos días consecutivos.

La actividad *in vivo* de la enzima reductasa del nitrato, con la adición de nitrato en el medio de incubación, ha sido determinada de acuerdo con la metodología descrita por Carelli et al. (1990a). Los azúcares totales han sido determinados por el método de Somogyi (Nelson, 1944) y el contenido de nitrógeno total (N total) se ha determinado por el método de micro-Kjeldahl. Los contenidos de clorofila *a*, *b* y total se han determinado de acuerdo con la metodología previamente descrita por Fahl et al. (1992).

El crecimiento de las plantas ha sido evaluado a través de medidas del área foliar y de la altura de las plantas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La tabla 1 muestra que en todos los cultivares no se han observado diferencias en la fotosíntesis entre las plantas cultivadas a 50% y 100% de la luz solar, confirmando resultados previamente obtenidos para *C. canephora* cv. Apoatã e *C. arabica* cv. Catuaí (Carelli et al., 1999). Eso probablemente ocurre porque la irradiación en el tratamiento 50% de la luz solar ha sido en media  $620 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  lo cual está bastante más elevada que la saturación de luz para la fotosíntesis del cafeto que es cerca de 300 y  $600 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , respectivamente, para hojas de plantas crecidas en la sombra y en el sol

(Kumar & Tieszen, 1980; Fahl et al. 1994). Por otra parte, el sombreado intenso (30% de luz solar) ha disminuido la fotosíntesis en relación a las plantas cultivadas a pleno sol y a 50% de la luz solar. Esa disminución ha sido más acentuada en *C. canephora* de lo que en los cultivares de *C. arabica* y en el híbrido entre esas dos especies.

En cuanto a los contenidos de clorofila total, clorofila *a* y clorofila *b*, los cultivares han presentado diferentes respuestas a los niveles de luz (Tabla 1). Para los cultivares Apoatã y Catuaí los mayores contenidos de clorofila total (*a* + *b* + protoclorofila) han sido observados a 50% de la luz solar; para el Mundo Novo, Bourbon e Icatu a 30% de la luz solar. Los contenidos de clorofila *a* y *b* han acompañado aproximadamente la misma tendencia observada para la clorofila total. La relación entre clorofila *a/b* ha sido prácticamente la misma para todos los cultivares crecidos en los tres niveles de luz.

Los mayores contenidos de azúcares totales se han obtenido en las hojas de las plantas crecidas a 50% de la luz solar y los menores a 30% de la luz solar. A 30% de luz el decrecimiento en el contenido de azúcares ha sido más intenso en *C. canephora* de lo que en los cultivares de *C. arabica*, de modo semejante al observado para la fotosíntesis.

El contenido de nitrógeno total de las hojas, expresado por unidad de masa

seca, no ha cambiado significativamente con los niveles de luz en todos los cultivares (Tabla 2). Sin embargo, cuando expresado por unidad de área foliar, el contenido de nitrógeno ha sido mayor a 50% y 100% de la luz solar, en relación a las condiciones de baja irradiación (30% luz). Eso es consecuencia principalmente del aumento de la espesura de la hoja con el aumento del régimen de luz (Voltan et al., 1992).

La incorporación del nitrógeno mineral en compuestos orgánicos es controlada por la actividad de la enzima reductasa del nitrato que es el paso limitante en ese proceso (Beevers & Hageman, 1969). La actividad enzimática en las hojas ha disminuido con el aumento del nivel de irradiación, convalidando resultados previamente obtenidos en plantas del cultivar Catuaí (Carelli et al., 1990b). Esa disminución no ha sido debido a limitaciones en la fotosíntesis ni en la disponibilidad de carbohidratos, pues las plantas cultivadas en los mayores niveles de luz han presentado mayores tasas fotosintéticas y mayores reservas de azúcares. Los datos sugieren que la reductasa del nitrato en hojas de café utilizaría preferencialmente el poder reductor engendrado en la respiración, que en las mayores irradiaciones sería menor, probablemente en virtud de la gran relación ATP/ADP (Abrol et al., 1983), como anteriormente sugerido por Carelli et al. (1990 b). El

contenido de nitrógeno total de las hojas no presentó relación con la actividad enzimática. Ese hecho es perfectamente esperado, una vez que en plantas de café gran parte del nitrógeno absorbido por las plantas es asimilado en las raíces (Carelli & Fahl, 1991), y posteriormente trasladado para la parte aérea.

Los datos de crecimiento de las plantas, monitoreado a través de medidas de la altura, área foliar (Tabla 2) y emisión de nuevos pares de hojas (datos no presentados), muestran que prácticamente no hubo diferencia entre los tratamientos de pleno sol y 50% de la luz solar. Por otra parte, el sombreado excesivo (30% de luz solar) perjudicó el crecimiento de las plantas de todos los cultivares. Esos resultados están de acuerdo con los datos obtenidos para la asimilación del carbono (Tabla 1), y convalida la importancia de ese proceso fisiológico en el desarrollo de las plantas.

Trabajos anteriores han demostrado que el desempeño fotosintético y la climatización de plantas de *C. arabica* cv. Catuaí a las condiciones de alta irradiación son claramente dependientes de la nutrición nitrogenada (Fahl et al., 1994; Ramalho et al., 1997, 1998, 1999). Esos autores han comprobado que la fotoinhibición de la fotosíntesis, que ocurre cuando las plantas son transferidas de condiciones sombreadas para alta irradiación, es bastante atenuada por

el suministro de nitrógeno. En el presente trabajo no ha sido observado fotoinhibición de la fotosíntesis, en los diversos cultivares de *C. arabica* y en *C. canephora*, después de la transferencia de las plantas en condiciones sombreadas para pleno sol, con alta disponibilidad de agua y nitrógeno. Hay que señalar que la fotoinhibición, resultante del exceso de radiación aliada a otros factores de estrés como seca, frío y bajo nivel de nutrición, puede ocurrir cuando plantas son transferidas para el campo, donde esos factores no siempre están en niveles adecuados.

## CONCLUSIONES

Plantas jóvenes de cultivares de *C. arabica*, *C. canephora* y del híbrido entre esas dos especies han presentado desempeño semejante cuando cultivadas a pleno sol y a 50% de luz solar. En esas condiciones, el crecimiento de la planta y el proceso de asimilación del carbono han presentado, de manera general, los mayores valores. El sombreado excesivo (30% de luz solar) ha sido dañino para los procesos de asimilación del carbono y para el desarrollo de las plantas.

## AGRADECIMIENTOS

Al Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café –

CBP&D/Café y al Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq por el apoyo financiero

## BIBLIOGRAFÍA

- ABROL, Y.P.; SAWHNEY, S.K.; NAIK, M.S. 1983. Light and dark assimilation of nitrate in plants. **Plant Cell and Environment** 6:595-599.
- BEEVERS, L.; HAGEMAN, R.H. 1969. Nitrate reduction in higher plants. **Annual Review of Plant Physiology** 20:495-522.
- CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; MAGALHÃES, A.C. 1990 a. Atividade da redutase de nitrato em folhas e raízes de plantas de café (*Coffea arabica* L.). **Revista Brasileira de Botânica** 13:119-123.
- CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; MAGALHÃES, A.C. 1990 b. Redução de nitrato em plantas jovens de café cultivadas em diferentes níveis de luz e de nitrogênio. **Bragantia** 49:1-9.
- CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I. 1991. Distribuição da assimilação de nitrato e de matéria seca em plantas jovens de café cultivadas em diferentes níveis de nitrogênio. **Bragantia** 50:29-37.
- CARELLI, M.L.C.; FAHL, J.I.; TRIVELIN, P.C.O.; QUEIROZ-VOLTAN, R.B. 1999. Carbon isotope discrimination and gas exchange in *Coffea* species grown under different irradiance regimes. **Brazilian Journal of Plant Physiology** 11:63-68.
- DA MATTA, F.M.; MAESTRI, M.; BARROS, R.S. 1997. Photosynthetic performance of two coffee species under drought. **Photosynthetica** 34:257-264.
- FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; MAGALHÃES, A.C. 1992. Asimilación de carbono y nitrógeno en hojas de café. **Turrialba** 42:523-527.
- FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C.; VEGA, J.; MAGALHÃES, A.C. 1994. Nitrogen and irradiance levels affecting net photosynthesis and growth of young coffee plants (*Coffea arabica* L.). **Journal of Horticultural Science** 69:161-169.
- KUMAR, D.; TIESZEN, L.L. 1980. Photosynthesis in *coffea arabica*. I. Effects of light and temperature. **Experimental Agriculture** 16:13-19.
- NELSON, N.A. 1944. Photometric adaptation of the Somogyi method for determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry** 153:375-380.

NUNES, M.A.; RAMALHO, J.D.C.; DIAS, M.A. 1993. Effect of nitrogen supply on the photosynthetic performance of leaves from coffee plants exposed to bright light. **Journal of Experimental Botany** 44:893-899.

RAMALHO, J.C.; PONS, T.L.; GROENEVELD, H.W.; NUNES, M.A. 1997. Photosynthetic responses of *Coffea arabica* leaves to a short-term high light exposure in relation to N availability. **Physiologia Plantarum** 101:229-239.

RAMALHO, J.C.; CAMPOS, P.S.; TEIXEIRA, M.; NUNES, M.A. 1998. Nitrogen dependent changes in antioxidant system and in fatty acid composition of chloroplast mem-

branes from *Coffea arabica* L. plants submitted to high irradiance. **Plant Science** 135:115-124.

RAMALHO, J.C.; CAMPOS, P.S.; QUARTIN, V.L.; SILVA, M.J.; NUNES, M.A. 1999. High irradiance impairments on electron transport, ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase and N assimilation as a function of N availability in *Coffea arabica* L. plants. **Journal of Plant Physiology** 154:319-326.

VOLTAN, R.B.Q.; FAHL, J.I.; CARELLI, M.L.C. 1992. Variação na anatomia foliar de cafeeiros sometidos a diferentes intensidade luminosas. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal** 4:99-105.

**Tabla 1.** Fotosíntesis neta, contenidos de clorofilas a, b y total y azúcares totais en hojas de cultivares de café crecidos a pleno sol, 50% de la luz solar y 30% de la luz solar. Valores medios  $\pm$  desviaciones promedio de diez repeticiones..

Cultivar	Nivel de Luz (% sol)	Fotosíntesis ( $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	Clor. a ( $\text{mg m}^{-2}$ )	Clor. b ( $\text{mg m}^{-2}$ )	Clor. total ( $\text{mg m}^{-2}$ )	Azúcares Totais (%)
Apostã	30	4.64 ( $\pm 0.87$ )	12.4 ( $\pm 1.0$ )	11.9 ( $\pm 1.2$ )	29.4 ( $\pm 2.7$ )	4.02 ( $\pm 0.28$ )
	50	7.90 ( $\pm 0.57$ )	16.1 ( $\pm 0.9$ )	15.0 ( $\pm 1.5$ )	38.0 ( $\pm 3.6$ )	8.66 ( $\pm 0.62$ )
	100	8.02 ( $\pm 0.73$ )	10.2 ( $\pm 0.6$ )	9.4 ( $\pm 0.4$ )	22.8 ( $\pm 1.2$ )	7.72 ( $\pm 0.58$ )
Catuaí	30	5.28 ( $\pm 0.67$ )	17.6 ( $\pm 1.8$ )	17.3 ( $\pm 1.8$ )	42.3 ( $\pm 4.8$ )	7.78 ( $\pm 0.62$ )
	50	8.28 ( $\pm 0.35$ )	20.0 ( $\pm 1.2$ )	18.8 ( $\pm 1.6$ )	47.4 ( $\pm 4.0$ )	10.80 ( $\pm 0.36$ )
	100	8.71 ( $\pm 0.72$ )	15.9 ( $\pm 1.7$ )	15.5 ( $\pm 1.7$ )	37.2 ( $\pm 4.5$ )	8.46 ( $\pm 0.65$ )
Bourbon	30	5.73 ( $\pm 0.37$ )	18.4 ( $\pm 1.5$ )	18.2 ( $\pm 1.6$ )	44.6 ( $\pm 4.0$ )	4.99 ( $\pm 0.36$ )
	50	7.77 ( $\pm 0.42$ )	16.8 ( $\pm 0.4$ )	15.0 ( $\pm 0.6$ )	38.0 ( $\pm 1.7$ )	7.90 ( $\pm 0.53$ )
	100	7.21 ( $\pm 0.30$ )	18.6 ( $\pm 1.3$ )	18.3 ( $\pm 1.3$ )	38.6 ( $\pm 3.4$ )	7.09 ( $\pm 0.18$ )
Mundo Novo	30	5.30 ( $\pm 0.59$ )	18.0 ( $\pm 1.7$ )	18.0 ( $\pm 2.1$ )	43.6 ( $\pm 4.9$ )	5.90 ( $\pm 0.37$ )
	50	7.07 ( $\pm 0.67$ )	17.0 ( $\pm 0.8$ )	15.5 ( $\pm 1.0$ )	39.2 ( $\pm 1.1$ )	9.30 ( $\pm 0.32$ )
	100	7.03 ( $\pm 0.31$ )	16.1 ( $\pm 1.1$ )	15.6 ( $\pm 1.4$ )	37.5 ( $\pm 3.0$ )	6.55 ( $\pm 0.46$ )
Icatu	30	5.19 ( $\pm 1.03$ )	19.1 ( $\pm 1.4$ )	19.4 ( $\pm 1.8$ )	46.3 ( $\pm 4.0$ )	4.96 ( $\pm 0.25$ )
	50	6.24 ( $\pm 0.75$ )	18.1 ( $\pm 1.5$ )	16.9 ( $\pm 1.1$ )	42.4 ( $\pm 2.8$ )	8.34 ( $\pm 0.60$ )
	100	6.97 ( $\pm 1.01$ )	17.1 ( $\pm 2.5$ )	16.5 ( $\pm 2.6$ )	39.3 ( $\pm 5.9$ )	6.70 ( $\pm 0.63$ )

**Tabla 2.** Crecimiento, cantidades de nitrógeno total y actividad *in vivo* de la enzima reductasa de nitró en hojas de cultivares de café crecidos a pleno sol, 50% de la luz solar y 30% de la luz solar. Valores medios  $\pm$  desviaciones promedio de diez repeticiones.

Cultivar	Nivel d Luz		Altura de Planta (cm)	Area Follar Planta (cm <sup>2</sup> )	Contenidoes de Nitrógeno		Reductasa de Nitrato $\mu\text{mol NO}_2 \text{ h}^{-1} \text{ g}^{-1} \text{ MF}$
	(% sol)				(% N)	g N m <sup>-2</sup>	
Apostã	30		41.4 ( $\pm$ 5.6)	1003 ( $\pm$ 207)	4.49 ( $\pm$ 0.37)	1.58 ( $\pm$ 0.13)	2.01 ( $\pm$ 0.16)
	50		47.2 ( $\pm$ 5.1)	1115 ( $\pm$ 110)	4.09 ( $\pm$ 0.15)	2.17 ( $\pm$ 0.08)	1.22 ( $\pm$ 0.27)
	100		43.1 ( $\pm$ 3.5)	970 ( $\pm$ 86)	4.09 ( $\pm$ 0.26)	2.23 ( $\pm$ 0.14)	0.75 ( $\pm$ 0.18)
Catuai	30		28.5 ( $\pm$ 6.7)	703 ( $\pm$ 89)	3.76 ( $\pm$ 0.13)	1.72 ( $\pm$ 0.06)	2.99 ( $\pm$ 0.18)
	50		35.4 ( $\pm$ 6.3)	868 ( $\pm$ 80)	4.36 ( $\pm$ 0.15)	2.60 ( $\pm$ 0.10)	2.57 ( $\pm$ 0.09)
	100		35.6 ( $\pm$ 2.9)	808 ( $\pm$ 105)	4.36 ( $\pm$ 0.26)	2.55 ( $\pm$ 0.15)	1.61 ( $\pm$ 0.15)
Bourbon	30		46.8 ( $\pm$ 9.3)	736 ( $\pm$ 129)	4.44 ( $\pm$ 0.25)	1.97 ( $\pm$ 0.11)	2.61 ( $\pm$ 0.29)
	50		50.0 ( $\pm$ 12.6)	720 ( $\pm$ 109)	4.29 ( $\pm$ 0.25)	2.35 ( $\pm$ 0.14)	2.00 ( $\pm$ 0.24)
	100		54.0 ( $\pm$ 4.2)	650 ( $\pm$ 62)	4.62 ( $\pm$ 0.15)	2.74 ( $\pm$ 0.09)	1.01 ( $\pm$ 0.31)
Mundo Novo	30		39.0 ( $\pm$ 10.1)	709 ( $\pm$ 106)	4.09 ( $\pm$ 0.15)	1.85 ( $\pm$ 0.06)	2.12 ( $\pm$ 0.36)
	50		53.0 ( $\pm$ 10.1)	934 ( $\pm$ 112)	4.62 ( $\pm$ 0.15)	2.44 ( $\pm$ 0.08)	1.12 ( $\pm$ 0.33)
	100		54.5 ( $\pm$ 5.2)	804 ( $\pm$ 83)	4.69 ( $\pm$ 0.39)	2.62 ( $\pm$ 0.22)	0.70 ( $\pm$ 0.22)
Icatu	30		42.0 ( $\pm$ 5.4)	687 ( $\pm$ 37)	4.56 ( $\pm$ 0.25)	2.09 ( $\pm$ 0.11)	2.33 ( $\pm$ 0.22)
	50		47.7 ( $\pm$ 8.3)	791 ( $\pm$ 123)	4.36 ( $\pm$ 0.26)	2.46 ( $\pm$ 0.15)	2.32 ( $\pm$ 0.25)
	100		58.5 ( $\pm$ 5.5)	799 ( $\pm$ 50)	4.39 ( $\pm$ 0.37)	2.80 ( $\pm$ 0.23)	1.42 ( $\pm$ 0.17)

## SHADE IMPROVES COFFEE QUALITY IN A SUB-OPTIMAL ZONE OF COSTA RICA.

Reinhold G. Muschler<sup>1</sup>

### ABSTRACT

The development of environmentally sustainable coffee production using agroforestry systems needs to consider not only the effects of trees on the environment and long-term coffee production, but also on coffee quality. This study compared coffee quality of *Coffea arabica* L. vars. Caturra and Catimor 5175 under different levels of shade in a low-elevation, sub-optimal environment for coffee in Costa Rica. Fruit weight and bean size increased significantly when shade intensity was increased from 0% to more than 80% under unpruned *Erythrina poeppigiana*. While large beans (diameter > 17/64ths of an inch [6.7 mm]) accounted for 49 and 43% of the coffee from unshaded Caturra and Catimor, respectively, these proportions increased to 69 and 72% under dense permanent shade. This suggested a stronger shade benefit for Catimor than for Caturra. The conversion percentages from fresh-weight coffee fruits to dry-weight green coffee for export were not affected by the treatments. A blind tasting experiment showed consistent shade-induced improvements in appearance of green and roasted coffee as well as in acidity and body of the brew for both varieties. The effect of shade on aroma of the brew was neutral for Caturra and slightly negative for Catimor. In the sub-optimal low-elevation environment studied, typical for many coffee areas, it is hypothesized that shading, primarily through reduced heat loads, permits slower and more balanced grain filling and ripening, yielding a higher-quality product than without shade. Shade experiments along environmental gradients should help to validate this conjecture.

**Key words:** acidity, aroma, bean size, Catimor, Caturra, *Erythrina*, tasting  
Shade improves coffee quality in a sub-optimal zone of Costa Rica.

---

<sup>1</sup> Proyecto Agroforestal CATIE/GTZ, Apdo 126, 7170 CATIE, Turrialba, Costa Rica FAX (506)-556-1533 E-mail: muschler@catie.ac.cr

## INTRODUCTION

The discussion of the sun-shade issue for coffee (*Coffea arabica* L., Rubiaceae) has been going on for more than a century (Lock, 1888; Guiscafre-Arrillaga, 1957; Leon and Fournier, 1962; Muschler, 1997b; Beer *et al.*, 1998). In the Atlantic zone of Costa Rica, most coffee plantations include the leguminous tree species *Erythrina poeppigiana* (Walp.) Cook (Papilionoideae) to provide mulch and shade. Typically, these trees are pruned or pollarded two to three times per year in order to, according to the farmers, stimulate flowering and ripening of the fruit. Depending on the pruning intensity, the shade pattern can vary widely from light and dispersed shade to heavy and homogeneous shade (Beer *et al.*, 1998). Despite the many discussions on the best levels of shade (e.g., Fournier, 1988; Muschler, 1997a and b; Beer *et al.*, 1998; Fernandez and Muschler, 1999), there is relatively little information on the effects of quantified shade in different environments. In particular, there is sparse information on coffee quality as a function of shade (Aldazábal and Alarcón, 1994a; Guyot *et al.*, 1996) although the effects of other environmental factors on the development of coffee berries have been discussed by various authors (Wormer, 1964a and b; Cannell, 1974).

This article summarizes the effects of different shade regimes provided by *E. poeppigiana* on the quality of *C. arabica* vars. Caturra and Catimor 5175. The quality assessments were based on size and deformations of the fruits/beans as well as on a blind tasting experiment. Details on the environmental modifications due to the trees and on shade effects on production (only slightly reduced with intermediate shade in these conditions) are discussed elsewhere (Muschler and Nair, 2000; Muschler, 2000 and 1997a).

## MATERIALS AND METHODS

### Research Site

The study was carried out in a commercial coffee plantation of "Cafetalera Lindo S.A." in Turrialba, Costa Rica at 9°55'N, 83°41'W and 700 m above sea level. The average yearly temperature was 21°C and the annual rainfall 2600 mm, without a marked dry season. Since this temperature and rainfall pattern is above the optimum for arabica coffee (Wrigley 1988), the climatic conditions at the experimental site were suboptimal for coffee. The slope of the plots was less than 5% and the soil was classified as Typic Hapludand with a pH<sub>H2O</sub> in the topsoil of 5.0 to 5.5 and medium levels of nutrients except for low levels of P and K.



### **Plant attributes and management**

The plants of *C. arabica* vars. Caturra and Catimor 5175 (5000 plants ha<sup>-1</sup>) were between six and ten years old. The regularly spaced shade trees (about 160 trees ha<sup>-1</sup>) were 15 to 20 years old. Coffee management was intensive with two fertilizations per year of 300 kg ha<sup>-1</sup> (600 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>) of "complete" fertilizer (18-5-15-6-2; N-P-K-Mg-B) and 250 kg ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup> of ammonium nitrate (33% N). Weeds and diseases were controlled with a minimum of herbicides and fungicides. All plots were managed identically except for not applying herbicides in those plots where shade suppressed weed growth.

### **Treatments and experimental design**

In October 1993, five shade treatments (Table 1) were imposed on an area that was homogeneous in terms of soil attributes and exposition, as well as in population, distribution and physiognomy of coffee plants and trees. The treatments "unshaded", "pollarded", "open shade" and "dense shade" were repeated in four blocks, two of which were planted with Caturra and two with Catimor. The shade cloth treatment was included as one satellite plot in the area planted with Caturra (unreplicated due to budget constraints), and hence the total number of plots was 17. Since the treatments were imposed

on an existing coffee plantation, the levels of the factor "variety" (i.e., Caturra or Catimor 5175) could not be randomly assigned to plots. However, the high homogeneity of attributes among the 17 plots permitted to assume that the potential confounding of factors "site" and "variety" would be negligible. The sides of each plot measured between 30 and 40m. Net plots consisted of 25 plants each.

The treatments covered a range of shading from 0 to more than 80% in "dense shade". The shade cloth projected a homogeneous shade in space and time of 55 to 60%. "Pollarded shade" and, to a lesser extent, "open shade" exposed the coffee to microclimatic changes at the times of pruning or pollarding. The shading was measured once per month as Photosynthetically Active Radiation (PAR) interception relative to the unshaded plots, using a Sunfleck Ceptometer (Decagon Devices Inc.) along transects through the plots. For details on shading and microclimatic patterns refer to Muschler and Nair (2000).

### **Sampling and sample processing**

Coffee fruit weight was measured as the fresh weight (g) of 100 randomly selected ripe fruits ( $W_{100}$ ) from each plot taken from the recollection baskets on 10 sampling dates (roughly at two-week intervals, spanning the whole harvest period) for the harvest

94/95 and on 3 sampling dates in 95/96. The data for bean size distribution (all treatments; four samples per treatment for both varieties; harvest 95/96) and the organoleptic studies (unshaded and dense shade treatments; three/one samples per treatment for Catimor/Caturra; harvest 97/98) were based on composite samples of two kg fresh weight. Each composite sample consisted of five subsamples per plot taken randomly from different batches of coffee harvested in each plot at the time of the harvest peak. This made it necessary to take the samples from the shaded plots between three to four weeks after the samples from the unshaded plots. Only fully ripe fruits were included in the samples.

The beans were processed in the experimental "beneficio" of CATIE following the standard "wet process" (Wrigley, 1988) of depulping the coffee within 24 hours of harvest followed by soaking and fermenting the samples for 24 to 36 hours and a final washing to remove the mucilage from the beans. Then, the samples were oven-dried at 40 to 50° C until reaching 10-12% humidity. After hand-removal of the parchment (endocarp) to avoid breakage, the beans were passed through a series of sieves with round perforations of 17, 16 and 15 sixtyforths of an inch in diameter (6.7, 6.4 and 6.0 mm, respectively). The weight fractions retained on each sieve were recorded and converted

to weight percentages of the total sample.

Visual appearance and organoleptic attributes were evaluated by the professional coffee taster Gerardo Astua at the tasting laboratory of the Costarican "Centro de Investigaciones en Café" (CICAFE). First, the parchment-free green bean samples were visually classified in five quality categories, from 1<sup>st</sup>-grade export quality to 5<sup>th</sup>-grade coffee for local consumption. These classes were subsequently transformed to correspond to a scale of 1 (worst) to 10 (best). Low-grade coffee is characterized by heterogeneity of size, symmetry and color of the beans, curved or irregular center cuts, and a high occurrence of deformations, such as pea beans or triangular beans (Menchú, 1966; Wormer and Njuguna, 1966; Wrigley, 1988).

The tasting protocol followed the standard CICAFE procedures. For each sample, 200 g of green coffee were roasted to a uniform light brown color, the standard procedure for detecting off-flavors and defects (G. Astua, pers. comm., 1997). In order to classify the visual appearance of the roasted beans, homogeneity of roasting, physical shape and defects were valued on a scale of 0 to a maximum of 10 for well-formed beans of homogeneous size and color free of physical deformations or discoloration. For classifying the cup attributes of each sample, two subsamples (11

g each) were ground and used to brew two cups of coffee. The coffee brew quality was, then, assessed using aroma (by smelling the freshly brewed cup), body (syn. with mouthfeel or viscosity sensu Clifford (1985)), acidity and cleanness of the coffee in the mouth. Under cleanness of taste, off-flavors were described. Aroma, body and acidity were given values on a scale of 0 (worst) to 10 (best quality).

### Statistical analysis

Means were compared with standard procedures of ANOVA and t-test. Multiple mean comparisons followed Duncan's Multiple Range Test and orthogonal contrasts for group comparisons. The unreplicated shade-cloth treatment was excluded from statistical analysis. Bean size distributions were compared with contingency tables based on Chi-square tests. Differences were declared significant for  $\alpha \leq 0.05$ .

## RESULTS

### Fruit weight

The evaluation of fresh fruit weights ( $W_{100}$ ) separated the treatments into two groups: the two treatments with tall homogeneous shade of *E. poeppigiana*, "open shade" and "dense shade", yielded significantly heavier fruits (by 11 to 14 % relative to unshaded) than the treatments "un-

shaded" and "pollarded" (Figure 1). This difference was consistent for all harvest events. As expected, homogeneous intermediate shade, provided by shadecloth for Caturra, yielded an intermediate  $W_{100}$  demonstrating the effect of shade *per se*, i.e. without being confounded with other effects of the trees (e.g., organic matter/nutrient cycling). The increase in  $W_{100}$  under open and dense shade was similar for both coffee varieties (Figure 1). The values for Catimor were consistently higher by 17% compared to Caturra when averaged across all treatments.

### Fruit to bean conversion factors

The ratios between fruit fresh-weight ( $FW_{fruit}$ ) and the corresponding dry-weight of parchment coffee ( $DW_{parch}$ ) and dry-weight of green coffee ( $DW_{green}$ ) did not reveal any significant differences between varieties (data not shown) or treatments (Table 2), although there seems to be a slight tendency towards lower conversion rates for the unshaded treatment. The ranges of the individual plot data were 15-19% for  $DW_{parch}/FW_{fruit}$ , 12-16% for  $DW_{green}/FW_{fruit}$  and 80-85 for  $DW_{green}/DW_{parch}$ .

### Bean size

The size distribution of green beans ("café oro") showed, for both coffee varieties, a significant and consistent increase in bean size with increasing shade levels under *E. poeppigiana*

(Figure 2)(significant at  $\alpha=0.1$  and  $\alpha=0.01$  for  $X^2$ -test for Caturra and Catimor, respectively). The proportions of large beans ( $> 17/64^{\text{ths}}$  of an inch) in the open and dense shade treatments were significantly higher than in the unshaded treatments. The comparison between the shade cloth and pollarded treatments for Caturra indicated a higher proportion of large beans for the pollarded treatment (Figure 2). This was unexpected since shading was more intense under the shade cloth than in the pollarded plots. Although the described patterns held for both varieties (Figure 2), the relatively larger increases of bean sizes due to shading for Catimor compared to Caturra suggested a bigger benefit of shading for Catimor. While the increase in the percentage of large beans from "unshaded" to "dense shade" amounted to 20% (from 49 to 69%) for Caturra, it was 29% (from 43 to 72%) for Catimor (Figure 2). Similarly, the reduction of small beans was larger for Catimor (14%; from 18 to 4%) than for Caturra (9%; from 14 to 5%).

#### **Visual appearance and organoleptic attributes**

With the exception of aroma, both varieties benefitted consistently from shade (Figure 3). For Catimor, shade improved the appearance of green ( $\alpha=0.01$ ) and roasted ( $\alpha=0.1$ ) beans. Shade also improved both

taste parameters (body and acidity), although only the difference for body was significant. In contrast, the index of aroma was significantly lower for shaded Catimor (Figure 3). For Caturra, a similar pattern was found for all parameters, except for aroma and acidity, with the differences between treatments being slightly smaller. Again, the observation of larger differences for Catimor than for Caturra may indicate the higher shade requirements or tolerance of Catimor. Among the other parameters described, two of the three unshaded samples of Catimor had an undesirable medicinal off-flavor which was not detected in any other sample. Unshaded samples also had more deformed beans such as pea berries. This information, however, was not quantified since it was reflected already in the index of green bean appearance.

## **DISCUSSION**

### **Fruit weight**

The larger and heavier fruits with increasing shade coincide with results from other authors who documented a beneficial effect of shading, primarily through temperature reduction and an extension of the ripening period (Cannell, 1974; Aldazábal and Alarcón, 1994a and 1994b; Guyot *et al.*, 1996; Salazar, 1999). Although the shade cloth treatment was

not replicated and, therefore, not included in the statistical analysis, it is interesting to note that its intermediate shading produced berries weights intermediate between the unshaded and pollarded plots on the one hand and the open and dense shade plots on the other. Since the shade cloth treatment excluded other potentially important secondary effects of trees, e.g. *via* nutrient cycling or root interactions/turnover, it appears that the observed differences in  $W_{100}$  were predominantly due to the differences in shading and not to other factors. This was indeed likely since both abundant nutrient and water supply in the experiment may have limited the importance of tree-coffee competition for these resources.

#### **Fruit to bean conversion factors**

The absence of significant differences in conversion ratios between the two varieties and among treatments suggests that fresh fruit weights can be used to compare different shade treatments. The  $W_{100}$  for fresh ripe berries, a quickly and easily measurable quantity, appears to be a promising and simple indicator of bean size. Relative constancy of conversion ratios also would permit the easy calculation of dry weight green bean equivalents which are more tedious to measure on a routine basis. However, given that in the shade compared to unshaded treatments (Table 2), conversion factors of fruit to parch-

ment and to green coffee were more than 1 % higher (although statistically not significant), the independence of conversion factors from shade levels needs further scrutiny before adopting this procedure. Higher fruit to green coffee conversion factors in shade (17.3%) relative to unshaded (16.7%) were also reported by Hernandez (1995). If confirmed, such differences would present an additional benefit of shade and would have to be considered for interpreting the fruit weight as an indicator of bean weight.

#### **Bean size**

The increase of bean sizes with shading confirms studies from other coffee areas (Abruña et al., 1966; Aldazábal and Alarcón, 1994a and b; Guyot et al., 1996; Salazar, 1999). However, the higher proportion large beans in the pollarded treatment compared to the shade cloth was surprising since the average level of shading in the pollarded treatment was lower than that of the shade cloth. If bean size increased steadily with shade, the opposite would be expected. One factor to explain this result may be the patchiness of shading in the pollarded treatment, which contrasts strongly with the homogeneous shading, both in time and space, under the shade cloth. The patchy shading in the pollarded treatment exposed the coffee bushes closest to *Erythrina* trees to relatively high levels of shading

during some periods of the year. Berries from these plants could have contributed to the higher proportion of the large beans under from the polarded plots. In contrast to this patchy shade, the homogeneous shading under the shade cloth eliminated such differences in individual-plant shading. This artificial shading may have been strong enough to reduce the proportion of small berries relative to the "unshaded" treatment (Figure 2) but was possibly not intense enough to have significantly improved the conditions for the development of large berries.

The relatively larger shade benefits for the bean size of Catimor vs. Caturra could indicate a higher adaptation of Catimor to shade. This would concur with the slightly smaller yield reduction of 12% under dense shade vs. no shade for Catimor compared to Caturra where dense shade reduced production by 37% (Muschler, 2000 and 1997a). However, the validity of this interpretation needs to be verified for different environments in the future.

#### **Visual appearance and organoleptic attributes**

Since taste and visual appearance of coffee, parameters that were improved by shade, are more important for the overall judgement of coffee quality than aroma (smell) of the brew (G Astua, pers. comm. 1997), it was concluded that organoleptic

coffee quality was greatly improved by shade. The improvements were greater for Catimor than for Caturra, mainly due to the lower classification of the unshaded Catimor compared to Caturra (Figure 3). Relatively low quality ratings of unshaded Catimor 5175, compared to other varieties, were previously reported by Astúa and Aguilar (1997). However, it is interesting that the organoleptic quality of shaded Catimor was almost the same as that of shaded Caturra (Figure 3) since this might indicate an important avenue for improving the often deficient quality of certain lines of Catimor which currently receive much attention due to their resistance to coffee leaf rust (*Hemileia vastatrix*). Improved organoleptic properties from shading were also reported by Guyot *et al.* (1996) for *Coffea arabica* var. Catuai from high-elevation zones in Guatemala. In that study, shading also increased the acidity and the sucrose content of Catuai, both important ingredients of organoleptic evaluations. The primary reason was reported to be delayed ripening due to the shade and its microclimatic effects. It is likely that the same factors were responsible for the higher quality of shaded coffee also in the present study. At this low-elevation coffee site with high temperatures, the reduction of temperature extremes through shading (Barradas and Fanjul, 1986; Jaramillo-Robledo and Gómez-Gómez, 1989; Muschler and Nair,

2000) may have played the dominant role for the uniform growth and ripening of berries. This might be the main reason for improved coffee quality under environmental conditions outside of the optimum biophysical range for coffee.

In contrast to Guyot *et al.* (1996), Barboza (1991) found only inconsistent differences in coffee quality between unshaded and shaded plots. However, this lack of response was probably due to the low levels of shading studied which were similar to the pollard treatment of the present study. As shown also in this study (Figures 1 and 2), the patchy shade pattern of the pollarded treatment was not sufficient to significantly and consistently improve coffee quality over that from the unshaded plots. This finding was also corroborated by Salazar (1999) who found that the quality attributes of the unshaded and pollarded plots were very similar and markedly inferior to the coffee from open and dense shade plots.

## **CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS**

The study suggests a substantial improvement of coffee quality through shading in a suboptimal and high-temperature environment where coffee plants are stressed. The main benefits from shading were (1) higher weights of fresh fruits, (2) larger

beans, (3) higher ratings for visual appearance of green and roasted beans, (4) higher ratings for acidity (Catimor only) and body, and (5) absence of off-flavors. The only parameter which was decreased for one of the two coffee varieties under shade was aroma. However, coffee tasters consider this parameter as less crucial than the others. Future economic analyses of different coffee management options should take these differences into account. The comparison between varieties suggests that Catimor 5175 has a higher shade adaptation/requirement than Caturra. However, such varietal differences in shade adaptation, and hence potential "agroforestry compatibility", will have to be substantiated by further studies specifically designed for this purpose.

The suboptimal environmental conditions of this study are typical of many low-elevation coffee areas and the stress to which unshaded coffee plants are exposed can be expected to be further aggravated by fertility and moisture limitations. Under such conditions, it is possible that the shade benefits shown in this study might be even greater. The obligate use of shade in the dry coffee zones on the Pacific side of Central America (e.g., Guanacaste in Costa Rica, Nicaragua, San Salvador)(Rodriguez 1935), despite possible competition for water, lends credence to this conjecture. On the other hand, in more be-

nevolent coffee zones with only slight or no edaphic or climatic limitations, these differences might disappear or even be reversed if shading or other tree effects were to become a stress factor to coffee. Considering the growing importance of product quality for the emerging specialty markets such as gourmet coffee or organic coffee, studying the effects of shading on coffee quality deserves more emphasis. The observation that intermediate shade ("open shade") produced larger beans of better organoleptic attributes (Figures 1 and 2 and Salazar 1999) while sustaining harvest levels of quality fruits at similar levels as in unshaded plots (Muschler 2000) suggests that intermediate shade may allow the farmer to get the "best of both worlds", at least in environments similar to the one studied. However, future research on the interaction between shade effects and site suitability for coffee will have to validate this hypothesis for the ecologically diverse coffee regions of Central America.

#### **ACKNOWLEDGEMENTS**

The author wishes to thank the company "Cafetalera Lindo S.A" for supporting the field work for this study, Gerardo Astua at CICAFAE for the organoleptic evaluations and Walter Ramirez Aguilar for processing many samples in the "beneficio experimental del CATIE". Also thanks are due

to Benoit Bertrand, John Beer and two anonymous reviewers for their comments on the manuscript.

#### **REFERENCES**

- Abruña F, Silva S and Vicente-Chandler J (1966) Effects of yields and varieties on size of coffee beans. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 50:226-30
- Aldazábal M and Alarcón O (1994a) *Fisiología del cafeto en condiciones de montaña. III. Influencia del sol y la sombra en el crecimiento del fruto.* Centro Agrícola (Cuba) 21(3):5-9
- Aldazábal M and Alarcón O (1994b) *Fisiología del cafeto en condiciones de montaña. IV. Indicadores físicos del fruto maduro bajo dos condiciones de iluminación.* Centro Agrícola (Cuba) 21(3):47-53
- Astúa G and Aguilar G J (1997) Prueba comparativa de las cualidades organolépticas de la bebida del Catimor T5175, Variedad Costa Rica 95, Caturra y Catuai, en ocho regiones cafetaleras de Costa Rica. In: Echeverri J and Zamora L (eds) *Memorias del 18<sup>vo</sup> Simposio Latinoamericano de Caficultura*, pp. 263-267. IICA/PROMECAFE, San José, Costa Rica



- Barboza GA (1991) Calidad de la bebida y beneficiado en función de la fertilización del café (*Coffea arabica* L.) cultivado bajo sombra regulada y a plena exposición solar. Tesis Lic. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 96 pp.
- Barradas VL and Fanjul L (1986) Microclimatic characterization of shaded and open-grown coffee (*Coffea arabica* L.) plantations in Mexico. Agricultural and Forest Meteorology 38:101-112.
- Beer JW, Muschler RG, Somariba E and Kass D (1998) Shade management in coffee and cacao plantations - a review. Agroforestry Systems 38:139-164
- Cannell MGR (1974) Factors affecting arabica coffee bean size in Kenya. Journal of Horticultural Science 49:65-76
- Clifford MN (1985) Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: Clifford MN and Willson KC (eds) Coffee: Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage, pp. 305-374. Croom Helm, London
- Fernandez CE and Muschler RG (1999) Aspectos de la sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. In: Bertrand B and Rapidel B (eds.) Desafíos de la Caficultura en Centroamérica, pp. 69-96. CIRAD/IRD/IICA/PROMECAFE, San José, Costa Rica.
- Fournier LA (1988) El cultivo del cafeto (*Coffea arabica* L.) al sol o a la sombra: un enfoque agronómico y ecofisiológico. Agronomía Costarricense 12:131-46
- Guiscafre-Arriaga J (1957) Sombra o sol para el cafeto?. El Café de El Salvador 308/309:320-364
- Guyot B, Gueule D, Manez JC, Perriot JJ, Giron J and Villain L (1996) Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés Arabica. Plantations, Recherche, Développement 3(4):272-280
- Hernandez OR (1995) Rendimiento y analisis financiero del sistema agroforestal café (*Coffea arabica* cv Caturra) con poró (*Erythrina poeppigiana*) bajo diferentes densidades de laurel (*Cordia alliodora*). M.Sc. thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica. 70 pp.
- Jaramillo-Robledo A and Gómez-Gómez L (1989) Microclima en cafetales a libre exposición solar y bajo sombrero. Cenicafé 40:65-79
- Leon J and Fournier L (1962) Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba 12:65-74

- Lock CGW (1888) *Coffee: its Culture and Commerce in all Countries*. London: E & FN Spon. 264 pp.
- Menchú JF (1966) *La Determinación de la Calidad del Café*. Asociación Nacional del Café, Guatemala. 51 pp.
- Muschler RG and Nair PKR (2000). Modification of growth environment for *Coffea arabica* by different pruning regimes of *Erythrina poeppigiana* in Costa Rica. *Agroforestry Systems* (submitted)
- Muschler RG (2000) Shade benefits production and vigor of *Coffea arabica* L. in a sub-optimal coffee zone of Costa Rica. *Agroforestry Systems* (submitted)
- Muschler RG (1997a) Efectos de sombra de *Erythrina poeppigiana* sobre *Coffea arabica* vars. Caturra y Catimor. In: Echeverri J and Zamora L (eds) *Memorias del 18<sup>vo</sup> Simposio Latinoamericano de Caficultura*, pp 157-162. IICA/PROMECAFE, San José, Costa Rica
- Muschler RG (1997b) Sombra o sol para un cafetal sostenible?: un nuevo enfoque de una vieja discusión. In: Echeverri J and Zamora L (eds) *Memorias del 18<sup>vo</sup> Simposio Latinoamericano de Caficultura*, pp 471-476. IICA/PROMECAFE, San José, Costa Rica
- Ramirez LG (1993) Producción de café (*Coffea arabica*) bajo diferentes niveles de fertilización con y sin sombra de *Erythrina poeppigiana* (Walpers) O.F. Cook. In: Westley SB and Powell MH (eds) *Erythrina in the New and Old Worlds*, pp 121-24 Nitrogen Fixing Tree Association, Paia, Hawaii
- Rodriguez M (1935) Observaciones sobre la frecuencia de la temperatura en los cafetales sombreados. *Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica* 7:95-105
- Salazar EI (1999) *Calidad de Coffea arabica* bajo sombra de *Erythrina poeppigiana* a diferentes elevaciones en Costa Rica. M.Sc.-thesis. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Wormer TM (1964a). Normal and abnormal development of coffee berries. *Kenya Coffee* 29:91-106
- Wormer TM (1964b) The growth of the coffee berry. *Annals of Botany* 28:47-55
- Wormer TM and Njuguna SG (1966) Bean size and shape as quality factors in Kenya Coffee. *Kenya Coffee* 31:397-405
- Wrigley G (1988) *Coffee*. Longman, Burnt Mill, Harlow, England. 639 pp.

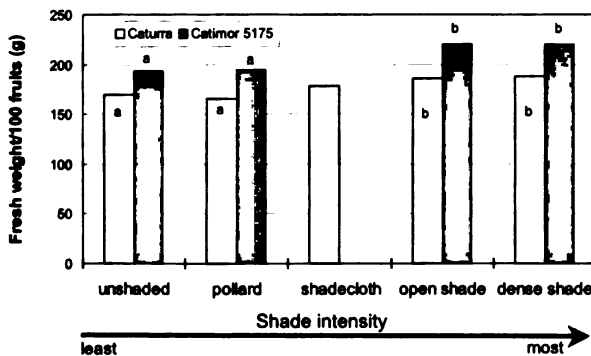
**Table 1.** The shade treatments and their management (El Cañal, Turrialba, Costa Rica; 700 masl, 2600 mm per year).

Treatment	Management
Unshaded	Continuous pollarding of <i>Erythrina</i> (trees without branches)
Pollarded	Pollarding of <i>Erythrina</i> three times per year; unrestricted resprouting between pollardings
Open shade	Pruning of selected branches to permit 40-60% of Photosynthetically Active Radiation to filter through the tall and homogeneous <i>Erythrina</i> canopy
Dense shade	Dense canopy of <i>Erythrina</i> ; no interventions: > 80% shade
Shadecloth	Artificial shading of 55 to 60% (Caturra only)

**Table 2.** Conversion factors for fresh weight of fruits ( $FW_{fruit}$ ) to dry weight of beans with parchment ( $DW_{parch}$ ) or to green beans for export ( $DW_{green}$ ), as well as  $DW_{parch}$  to  $DW_{green}$ , for the shade treatments (El Cañal, Turrialba, Costa Rica; 700 masl, 2600 mm per year). Values for Caturra and Catimor were pooled since they did not differ. The treatments did not differ statistically ( $\alpha = 0.05$ ).

Treatment*	$DW_{parch}/FW_{fruit}$ (%)	$DW_{green}/FW_{fruit}$ (%)	$DW_{green}/DW_{parch}$ (%)
Unshaded	16.9	13.7	81.4
Pollarded	18.0	14.7	81.8
Open shade	18.2	15.0	82.7
Dense shade	17.8	14.7	82.4
Shadecloth	18.1	15.1	83.4

\* n = 4 except for "shadecloth" (only with Caturra) where n=1 (this treatment was not included in statistical comparisons).



**Figure 1.** Fresh weight of 100 ripe fruits of two coffee varieties grown under increasing shade levels (El Cañal, Turrialba, Costa Rica; 1994/95/96; 700 masl, 2600 mm). Within varieties, means with the same letter do not differ significantly ( $n=26$ ,  $\alpha=0.05$ ).

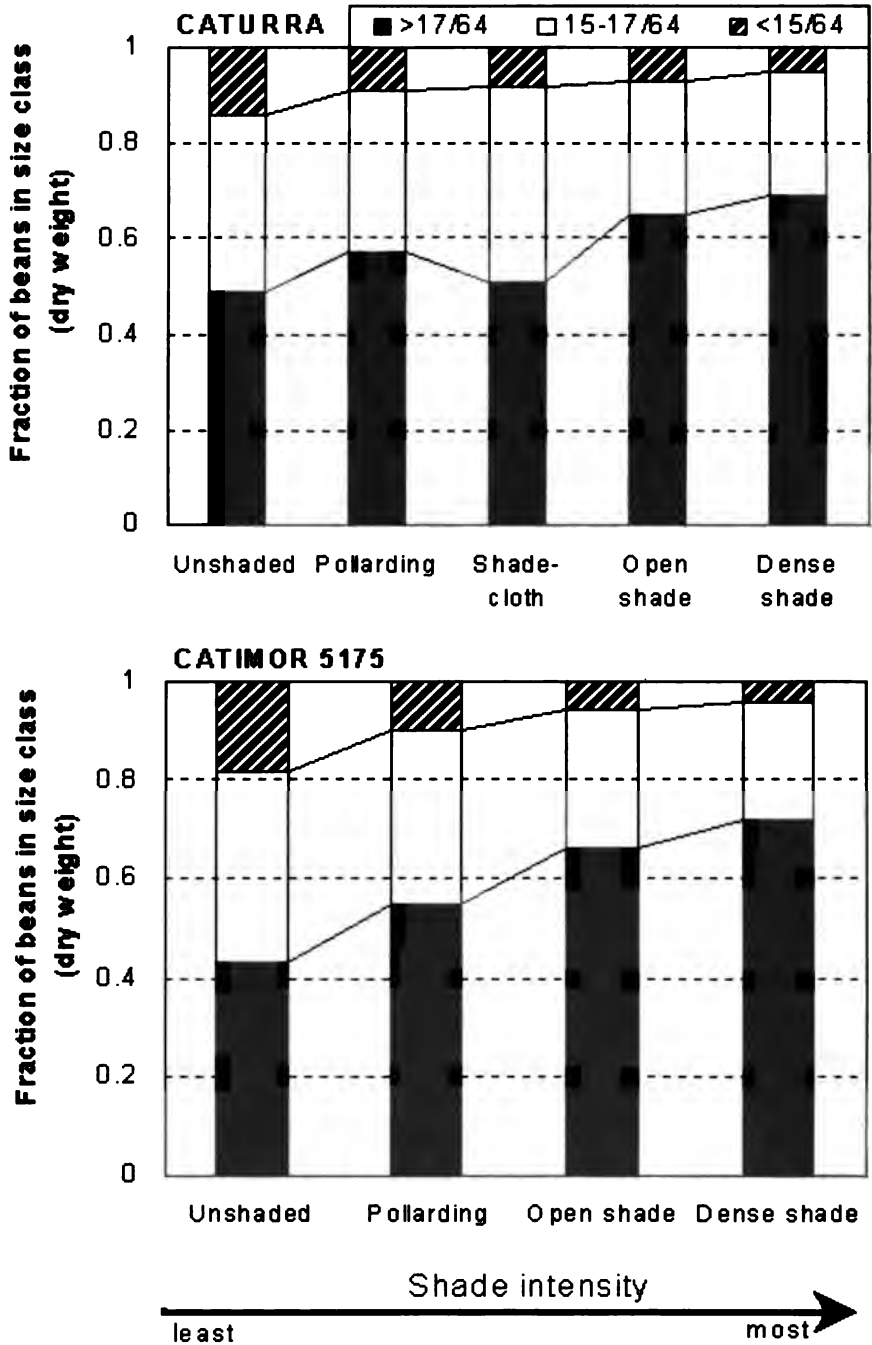
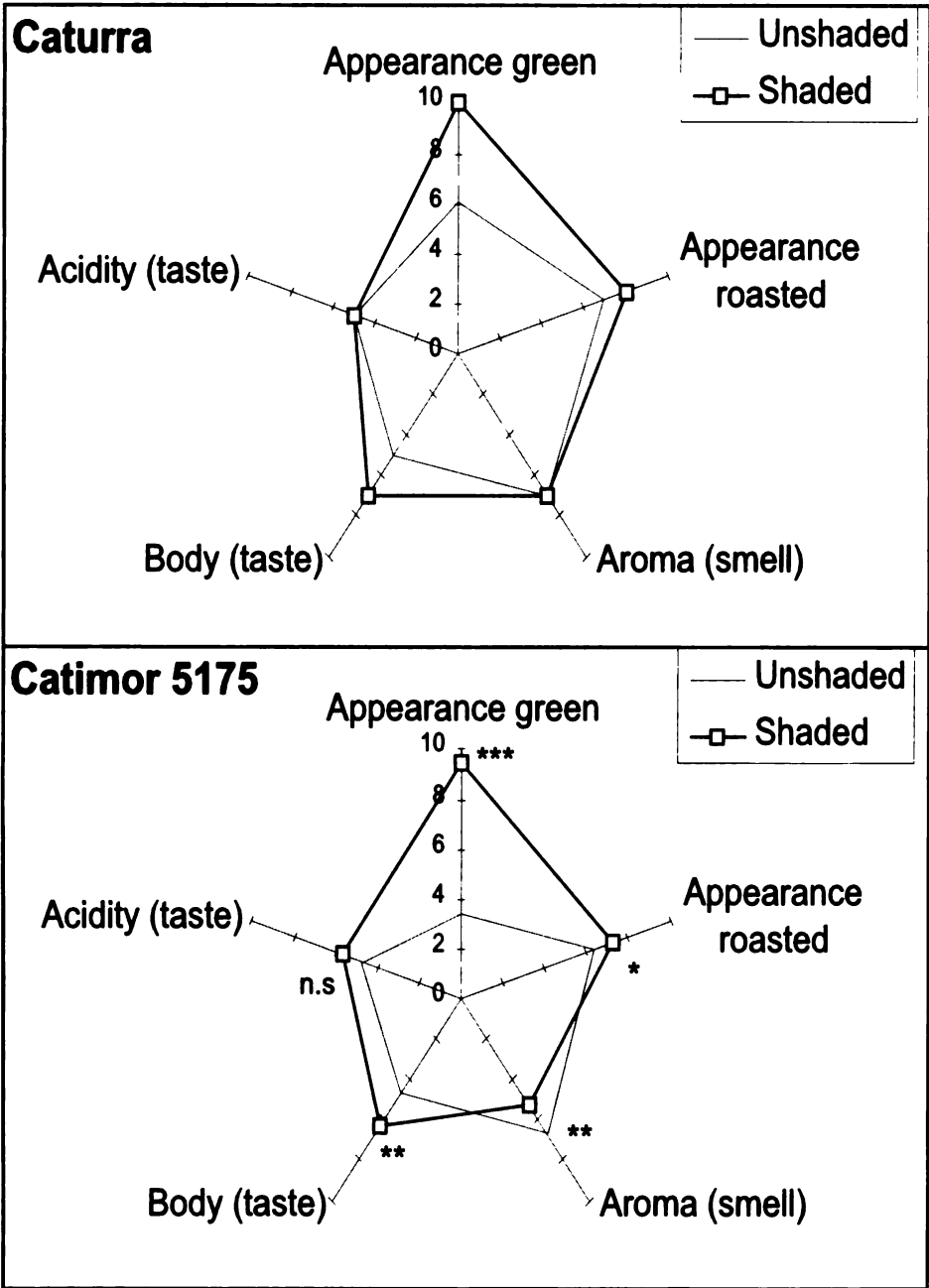


Figure 2. Size distribution of green beans of *Coffea arabica* var. Caturra (above) and Catimor (below) under increasing shade in a low-elevation coffee area (El Cañal, Turrialba, Costa Rica; 700 masl, 2600 mm). Higher shade levels increased the percentage of large beans (diameter > 17/64ths of an inch) significantly.



**Figure 3.** Quality attributes of green and roasted beans of two varieties of *Coffea arabica* grown without shade and with intermediate shade (< 50% shade) of *Erythrina poeppigiana* at a low-elevation site (El Cañal, Turrialba, Costa Rica; 700 masl, 2600 mm). Beans were harvested at full maturity in Sept/Oct 1997. The scales use a relative index with a maximum of 10. Significance between sun and shade given as \*\*\*a=0.01, \*\*a=0.05 and \*a=0.1.



## PROGRAMA PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ ORGANICO

*Eliécer Campos<sup>1</sup>,  
Guillermo Ramírez,  
Carlos Fonseca,  
Juan J. Obando.*

### RESUMEN

El interés por el consumo de productos naturales en el mundo, cada día toma más importancia, entre los que se incluyen los cafés finos, con énfasis al café orgánico. En 1994 en el afán de dar respuesta a los caficultores interesados en la producción de este tipo de café, se iniciaron estudios en diversos lugares de la zona cafetalera, con el objetivo de formular un programa de producción de café orgánico.

En experimentos localizados en Turrialba, Pérez Zeledón y Puriscal, se estudian tres sistemas de producción de café, correspondientes a orgánico, natural y convencional. Después de cuatro años de instalados los experimentos, se observa estabilización del sistema en cuanto a la incidencia de enfermedades y malezas, así como en la cosecha. En Turrialba cosecha en el sistema orgánico, es 44% de la del convencional, en Pérez Zeledón es 59% y en Puriscal 72%.

Los resultados obtenidos hasta el momento satisfacen las expectativas creadas para este sistema de producción.

- La productividad de café orgánico, es de unas 30 fanegas de café cereza (corresponde a quintales de café oro) por hectárea, equivalente a un sesenta por ciento de la producción en el sistema convencional.
- La incidencia de las enfermedades Roya y Mal de hilachas es más baja que en el convencional, a pesar de la aplicación de fungicidas específicos, como el Cyproconazole
- En el análisis físico de la cosecha, el porcentaje de primeros tamaños es mayor en el sistema de café orgánico que en el convencional.

El programa para la producción de café orgánico definido hasta el momento, le proporciona al caficultor la confianza necesaria en esta actividad, representa un nivel de producción aceptable para nuestro medio, el que podría aumentarse a través de más años de investigación.

**Palabras clave:** Café orgánico, convencional, natural, sombra, producción.

---

<sup>1</sup> Ingenieros Agrónomos Investigadores ICAFE

## INTRODUCCION

La agricultura orgánica ha tomado importancia en los últimos años, como la toma de conciencia de lo que es la vida natural y la sostenibilidad y el café no podía escaparse a esta realidad y creó la necesidad en el programa de investigación en café, de realizar estudios con el objetivo de crear un programa de producción de café orgánico, que incluya prácticas y tecnologías, para ofrecer a los caficultores interesados en este tipo de producto y a su vez satisfaga a ambientalistas, certificadores, comercializadores y consumidores del café orgánico.

**Café Orgánico**, hay muchas definiciones al respecto, pero me permito utilizar la que da Boyce James K. et al. en la obra *Café y Desarrollo Sostenible*, 1994. “ *El Café orgánico es el producto de una forma de cultivo que recurre a diversas tecnologías de abono, control de maleza y control de plagas, sin utilizar ningún fertilizante, herbicida, fungicida, insecticida ó nematicida de origen químico*”.

Como principio elemental en la producción orgánica, se puede utilizar cualquier producto natural, que no haya sufrido proceso industrial, tal como la roca fosfórica, cal dolomítica, sulfato de cobre, K-Mag provenientes directamente de minas.

En 1994 se iniciaron estudios sobre sistemas de producción de café, en-

tre ellos Café Orgánico, en diferentes lugares del área cafetalera, de los que actualmente se mantienen tres experimentos, localizados en Turrialba, Pérez Zeledón y Puriscal, en los que se emplean programas de manejo que se ajusten a la producción de café orgánico. Se evalúa cambios físicos y químicos en el suelo, incidencia de enfermedades y plagas, cosecha, calidad física del grano y de taza.

Luego de varias cosechas, la producción en el sistema orgánico tiende a estabilizarse en un 60 ó 70 % de la del convencional, alrededor de unas 30 fanegas por hectárea, mientras que la incidencia de enfermedades tiende a ser menor a las que se presentan en la parcela de café convencional, al igual que las malezas.

## METODOS Y MATERIALES

En estos experimentos se evalúan tres sistemas de producción de café, denominados: Café orgánico, Café natural y Café convencional.

### **Café orgánico**

Programa elaborado según las especificaciones de las Asociaciones Certificadoras de cosechas orgánicas, como la OCIA (*Organic crop improvement association*) de los Estados Unidos de Norte América. En nutrición se aplican 10 ton. de broza descompuesta de café, 70 kilogramos de roca fosfórica, 225



kilogramos de sulfato de potasio y magnesio, 2 ton de carbonato de calcio, por hectárea y por año. Cuando se manifiestan deficiencias de elementos menores como Boro y Cinc, se hacen aplicaciones vía foliar de sulfato de cinc y ácido bórico; para el control de enfermedades se utiliza una solución de Caldo Bordelés e infusiones de hojas; las malezas se combaten por medio de chapias y coberturas vivas; la sombra se maneja con mayor densidad que en el sistema de producción de café convencional.

### **Café natural**

Se basa en el concepto de “manejo integrado de recursos”, en el cual se restringe el uso de agroquímicos a situaciones de necesidad. Este tratamiento tiene como base el programa utilizado en el orgánico, se aplica 80 kg de nitrógeno elemental/ha cuando hay incidencia fuerte de Roya, Mal de hilachas y Enfermedad Rosada se puede usar el fungicida específico, aplicado en forma localizada al área afectada; en áreas con malezas resistentes como gramíneas puede utilizarse el glifosato para su control; la sombra se maneja con mayor densidad que en el sistema de producción de café convencional.

### **Café convencional**

Se utiliza el paquete tecnológico recomendado, que contempla 500 kgs de fórmula completa aplicado en

mayo y agosto; más 80 kgs de nitrógeno en octubre o noviembre; tres aplicaciones foliares de fertilizantes completos, en mezcla con fungicidas cúpricos ó sistémicos específicos, para la prevención de enfermedades; en combate de malezas, aplicaciones de herbicidas de acción Pre y Postemergentes; control de plagas del suelo con insecticidas sintéticos.

### **Turrialba**

Este experimento se localizó en 1994, en Hacienda Atirro, a 700 msnm, precipitación total anual de 2669 mm, temperatura media anual de 22,5°C, tipo de suelo Fluventic humitropept, en una plantación de café Caturra, de 11 años de edad, sembrado a distancias de 2m por 1m, planta formada a tres ejes, poda selectiva por planta, con sombra de *Erythrina poeppigiana*. Esta plantación en el año anterior al inicio del Estudio estuvo en total abandono por parte de la Empresa.

### **Pérez Zeledón**

Experimento se instaló en 1996 y se localiza en la Finca Madrigal de Coopeagri, a 650 msnm, precipitación anual de 3500mm, temperatura media anual de 23°C, tipo de suelo Ultisol, en una plantación de café de la variedad Caturra de ocho años de edad, sembrada a distancias de 2m por 1 m, planta formada a tres ejes, con poda

selectiva por planta y sombra de *Inga edulis* y *Cedrella odorata*. Esta plantación estuvo abandonada un año antes de iniciar este Estudio, como primer labor se realizó una poda total.

### Puriscal

El experimento se instaló en 1996 y se localiza en finca del señor Gilberto Víquez, a 1.000 msnm, precipitación total anual de 2200 mm, temperatura media anual de 22°C, tipo de suelo Typic dystropept, en una plantación nueva de la variedad Costa Rica-95, sembrada a 2m por 1m, formada a dos ejes por planta y sombra de *Erythrina fusca* e *Inga edulis* y musáceas.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La recuperación del medio ambiente, especialmente del suelo, es un proceso lento y difícil, que requiere del equilibrio biológico y la restauración de la vida microbiana del suelo y del entorno, en nuestro caso el cafetal, de ahí que en los tres ó cuatro

primeros años, los cafetos en el sistema de producción orgánica y sistema MIR sufren defoliación por deficiencias nutricionales, ataque de enfermedades y en consecuencia baja la producción.

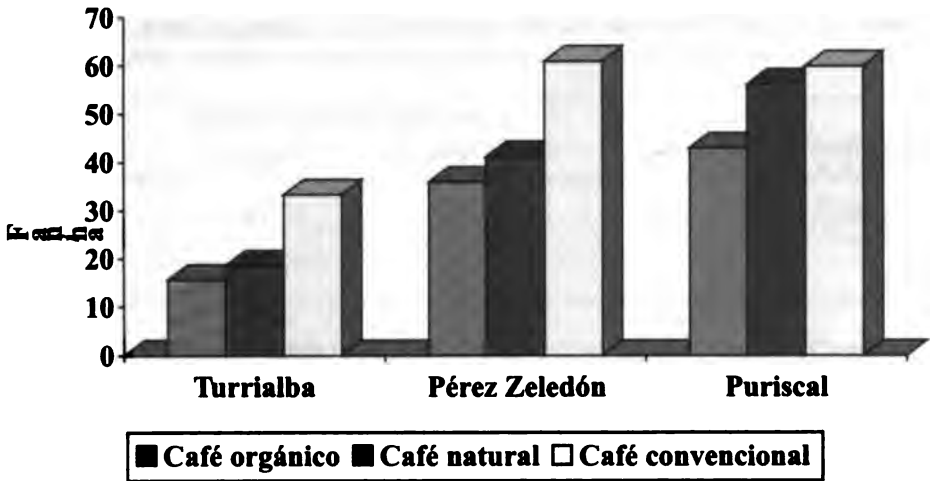
La evaluación de la producción, se cosechan cuatro parcelas de 30 plantas cada una, por tratamiento y se analizan por comparación de medias.

En Turrialba, el tratamiento de café orgánico y el natural, presentaron clorosis y ataque fuerte de Roya, pero luego el color del follaje se normalizó y no se observan diferencias con el de los cafetos del tratamiento convencional, cuando se homogenizó la sombra, mientras que las malezas especialmente gramíneas, se afectaron con la caída de hojas del Poró y el mayor sombrío.

La producción para el sistema convencional en esta plantación, es similar al promedio nacional, mientras que para el café orgánico y natural es baja, según lo que se considera para nuestro medio, 25 a 30 fanegas por hectárea.

**Cuadro 1.** Producción de café cereza en fanegas por hectárea y porcentaje de la cosecha cosecha 99/2000, Experimentos Tres sistemas de producción de Café, en Turrialba, Pérez Zeledón y Puriscal. Costa Rica.

Tratamiento	Lugar		
	Turrialba	Pérez Zeledón	Puriscal
Café orgánico	15,7 (44)	35,94 (59)	42,97 (72)
Café natural	18,7 (56)	41,16 (68)	56,09 (94)
Café convencional	33,3 (100)	60,90 (100)	59,84



**Figura 1.** Producción de café cereza en fanegas por hectárea y porcentaje de la producción en fanegas por hectárea de los sistemas de producción de café orgánico, natural y convencional en Turrialba, Pérez Zeledón y Puriscal. 1999.

Al evaluar hojas totales en el sistema de producción de café orgánico, es un 11% mayor que en el convencional al finalizar el año, a pesar de que en julio el convencional superaba al orgánico en un 8%, debido posiblemente a la incidencia de las enfermedades *Cercospora coffei-*

*cola* y *Corticium kollero*, a pesar de que en esta parcela se realizaron aplicaciones de fungicidas específicos, como el cyproconazole (Atemi-100) e hidróxido de cobre, mientras que en los otros sistemas solo se aplicó el Caldo Bordelés.

**Cuadro 2.** Evaluación: Hojas totales por planta y porcentaje de incidencia de Roya, Mal de hilachas y Chasparria, realizado en el experimento localizado en Turrialba, sobre los tratamientos Café orgánico y Testigo, realizado en noviembre de 1999.

Tratamiento	Hojas totales	Roya	Porcentaje de hojas con	
			Mal de hilachas	Chasparria
Café Orgánico	635	12	15	16
Testigo	571	5	36	31

La calidad física del fruto cereza de café orgánico, tiene mejor apariencia que el convencional y en el análisis físico el café oro tiene mayor

porcentaje en primeros tamaños que el café producido bajo el sistema convencional, mientras que la cantidad de caracol en menor.

**Cuadro 3.** Análisis físico del café oro en los tratamientos café orgánico y el Testigo, cosecha 98/99. Experimento sistemas de producción, localizado en Turrialba. 1999.

Tratamiento	Primeros	Porcentaje de tamaño de grano		
		Segundos	Terceros	Caracol
Café orgánico	44	42	14	5
Testigo	28	57	15	8

En Pérez Zeledón, la producción en los sistemas café orgánico y MIR o café natural, es de 59 y 68% respectivamente con respecto a la producción del café convencional, lo que representa un buen nivel de producción, para estos tipos de cafés especiales

En Puriscal, el experimento se inició con el establecimiento del café y de la sombra, consistente en estacones de *Erythrina glauca* (Poró) y musaceas. La falta de sombra durante el primer año, afectó mucho el desarrollo de los cafetos en las parcelas del sistema de producción de café orgánico y Natural ó MIR, lo que se manifiesta como deficiencia de nitrógeno, fuerte ataque de *Cercospora coffeicola*, defoliación., y muerte descendente y de plantas.

Como consecuencia, la primer cosecha fue muy baja con respecto al tratamiento convencional, pero conforme las condiciones ambientales variaron y la materia orgánica aplicada fueron teniendo su influencia en la plantación, la situación cambió y

como se puede observar en el cuadro N°1, la cosecha 99/ 2000, en el sistema de producción orgánica, fue de 42,97 fan/ha, el 72% de la del tratamiento convencional, la que posiblemente baje en las próximas cosechas, para estabilizarse en unas 30 fan/ha, que sería un buen nivel en este tipo de producción.

## CONCLUSIONES

La productividad de café orgánico, es posible estabilizarla en unas 30 fanegas de café cereza (quintales de café oro) por hectárea, equivalente a un sesenta por ciento de la producción en el sistema convencional.

La incidencia de las enfermedades Roya y Mal de hilachas es más baja que en el convencional, a pesar de la aplicación de fungicidas específicos, como el Cyproconazole.

En el análisis físico de la cosecha, el porcentaje de primeros tamaños es mayor en el sistema de café orgánico que en el convencional

## **ESTUDIO SOBRE SISTEMAS DE PODA POR LOTE**

*Eliécer Campos<sup>1</sup>  
Carlos Fonseca<sup>2</sup>  
Guillermo Ramírez<sup>3</sup>  
Hernán Jiménez<sup>4</sup>*

### **RESUMEN**

La poda del cafeto es la práctica más usada en el manejo de un cafetal y talvez la más importante, porque es el medio para desarrollar tejido productivo en el que se sustentarán las futuras cosechas. También nos permite eliminar tejido agotado y enfermo, dar entrada de luz y aireación a la plantación con lo que bajamos la humedad relativa, evitando así la proliferación de enfermedades fungosas.

La mayor parte de la investigación sobre podas se ha realizado en el Valle Central, por lo que este estudio se realizó en tres zonas de condiciones agroclimáticas diferentes, especialmente en cuanto al tipo de suelo y período seco, menor de cuatro meses.

Pérez Zeledón a 700 msnm. Los mejores tratamientos fueron el de poda sistemática a ciclo de tres años y la poda total por lote seguida a los cuatro años de poda alta con bandolas.

En Turrialba a 700 msnm. La poda por lote cada cuatro años es el mejor sistema de poda, y la poda por lote seguido de poda lata, a los cuatro años, con esqueletamiento ó poda de bandolas.

Orosi de Paraíso a 1.068 msnm. Los mejores tratamientos fueron la poda total por lote cada cinco años y la poda total por lote cada siete años, con poda alta y esqueletamiento, a los cuatro años.

**Palabras clave:** Poda, poda baja, poda alta, poda bandola, café.

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo Investigador ICAFE

<sup>2</sup> Ingeniero Agrónomo Investigador ICAFE

<sup>3</sup> Ingeniero Agrónomo Investigador ICAFE

<sup>4</sup> Ingeniero Agrónomo Investigador ICAFE

## INTRODUCCION

La poda del cafeto es uno de los componentes del área de manejo de plantaciones, más importante y que debe realizarse continuamente y es el medio por el cual se renueva material vegetativo del que dependerá la producción del cafetal. La respuesta a la poda depende mucho de las condiciones agroclimáticas de la zona donde esté establecido el cultivo.

El presente trabajo analiza la respuesta a diferentes sistemas de poda en plantaciones de café de las variedades Caturra y Catuaí, localizadas a 700 m.s.n.m., en suelos

de tipo aluvional, con estación seca menor de cuatro meses y promedio de temperatura alta. Gran parte de la investigación realizada sobre podas del cafeto se han realizado en condiciones agroclimáticas de la Meseta Central de Costa Rica.

## MATERIALES Y METODOS

Este estudio consta de tres experimentos localizados en diferentes regiones del área cafetalera como se observa seguidamente. Las tres plantaciones contaban con sombra de *Erythrina poeppigiana* bien desarrollada, la que se maneja dos veces año.

**Tabla 1:** Descripción de las variables climáticas consideradas en el trabajo. Costa Rica

Lugar	Turrialba	Pérez Zeledón	Paraíso,
Altura sobre el nivel del mar	700	700	1068
Temperatura promedio anual	22.5	24	21.6
Precipitación total anual	2687 mm	3200 mm	2824 mm
Variedad de Café	Caturra	Catuaí	Caturra
Distancia siembra entre hileras	1.9 m	1.8 m	1.9 m
Distancia siembra entre plantas	0.9 m	1.0 m	0.9 m
Tipo de suelo	Fluventic humitropept	Ustoxic polihumult	Aquet
Diseño experimental	Bloque al azar 4T y 6R	Bloques al azar 7T y 4R	Parcela grande
Tamaños parcela	48 plantas	60 plantas	500 plantas
Edad de la plantación al inicio	Seis años	Cinco años	Ocho años

## RESULTADOS Y CONCLUSIONES

La evaluación de este estudio se realizó por medio cosecha de café maduro y el análisis matemático se hizo sobre el promedio de siete cosechas en Turrialba y Orosi y seis en Pérez

Zeledón, al concluir el tratamiento más largo.

Producción en fanegas por hectárea de café cereza del promedio de seis cosechas en Pérez Zeledón y de siete en Turrialba y Paraíso de Cartago. Experimento sobre Poda por lote. 1999.

**Tabla 2.** Promedios de producción para cada tratamiento, promedio de seis cosechas.

Tratamiento	Promedio en fanegas por hectárea		
	Pérez Zeledón	Turrialba	Paraíso
Poda selectiva por planta	35.3 (100)	47.25 (100)	27.2 (100)
Poda sistemática ciclo 3 años	40.5 (115)	43.12 (91)	--
Poda sistemática ciclo 5 años	--	--	28.3 (105)
Poda por lote cada tres años	35.5 (101)	57.67 (122)	--
Poda por lote cada cinco años	--	--	37.4 (138)
Poda/lote, 4 PB y 3 PA, sin Pod..band	40.8 (116)	--	--
Poda/lote, 4 PB y 3 PA, con Pod. band.	35.3 (100)	59.53 (126)	34.3 (127)
Poda/lote, 4 PB y 2 PA, sin Pod. band.	30.0 (30)	--	--
Poda/lote, 4 PB y 2 PA, con pod. band	31.5 (89)	--	--

4 PB: 4 años poda baja

3 PA: 3 años poda alta

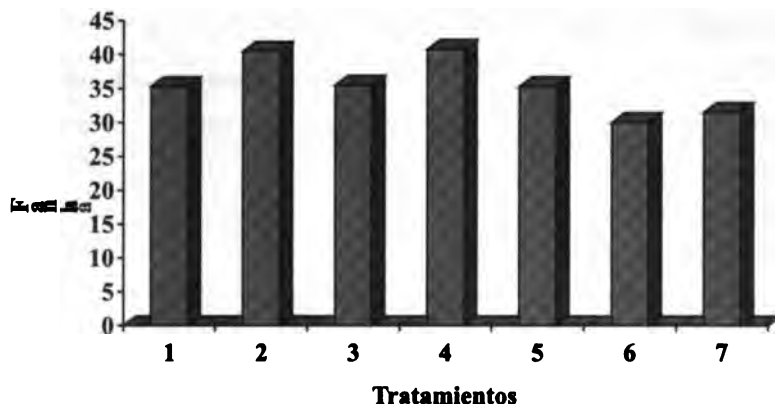
Pod. band: Poda de bandolas

Tradicionalmente en la mayoría de los experimentos sobre sistemas de poda, la selectiva por planta ha sido el sistema de mayor producción, indistintamente si es por rama, total por planta ó por parche. Sin embargo en este grupo de experimentos el sistema de poda por lote, produce más que la poda sistemática y la selectiva por planta, con algunas diferencias entre localidades, por lo que se analizarán por aparte.

En Pérez Zeledón los mejores tratamientos en producción son poda sistemática, con ciclo de tres años, y poda baja por lote, seguida de poda alta, dejando las bandolas libres. La buena respuesta en producción de la poda por calle con ciclo a tres años, confirma los resultados de otro ensayo realizado en esta Región. Además es un sistema fácil de reali-

zar, bajo costo, favorece la distribución de luz dentro de la plantación, baja la humedad relativa y por tanto la incidencia de enfermedades fungosas y todas las otras ventajas que representa el uso de podas sistemáticas.

El tratamiento de poda total por lote seguido, a los tres años de poda a un metro de altura es el otro sistema con producción similar, con las ventajas de este tipo de poda, a pesar de la mayor incidencia de las enfermedades Roya y Mal de Hilachas, debido al crecimiento vegetativo exuberante, que aumenta la humedad relativa, limita la luz y dificulta una eficiente protección con fungicidas. La limitación de luz posiblemente afecte la formación de palmilla, al podar las bandolas.

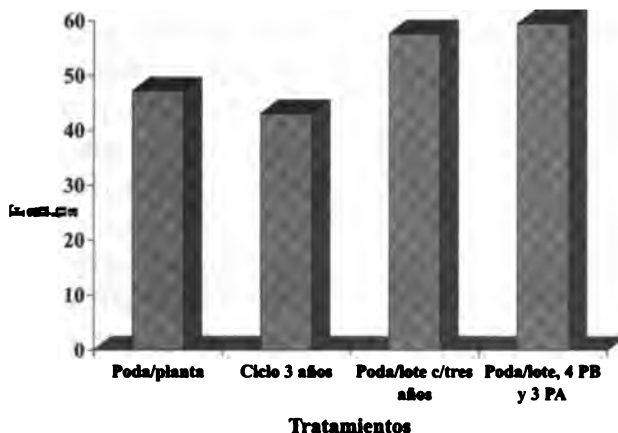


1.Poda selectiva por planta, 2.Poda sistemática ciclo 3 años, 3.Poda por lote cada tres años 4.Poda/lote, 4 PB y 3 PA, sin poda bandolas, 5.Poda/lote, 4 PB y 3 PA, con poda bandolas, 6.Poda/lote, 4 PB y 2 PA, sin poda bandolas, 7.Poda/lote, 4 PB y 2 PA, con poda bandolas

**Figura 1.** Producción promedio de siete cosechas en fanegas por hectárea de café cereza, en experimento: Sistemas de poda por lote. Pérez Zeledón, San José. 1999.

En Turrialba la poda total por lote cada estricta cada cuatro años, con un 22% de mayor rendimiento en cosecha sobre la poda selectiva por planta, ó bien cuando se alterna con poda alta y poda de bandolas, con un 26% más de producción, son los sistemas de podarecomendados,

según este estudio para zonas de condiciones agroclimáticas similares. El nivel de incidencia de las enfermedades Roya, Mal de hilachas y Cercóspora, aunque fue apreciable, al someterlo a análisis estadístico, no marcó diferencias entre tratamientos.



**Figura 2.** Producción promedio de siete cosechas en fanegas por hectárea de café cereza, en experimento Sistemas de poda por lote. Turrialba, Cartago. 1999.



Por otra parte el experimento localizado en Orosi de Paraíso, Cartago, de condiciones agroclimáticas similares a las de los otros experimentos, pero de mayor altitud, la poda sistemática con ciclo a cinco años es el tratamiento de mejor comporta-

miento en producción, con un 38% sobre la poda selectiva por planta. El sistema de poda total por lote, seguido de poda alta, al cuarto año, produce el 27% más que el tratamiento de referencia, la poda selectiva.

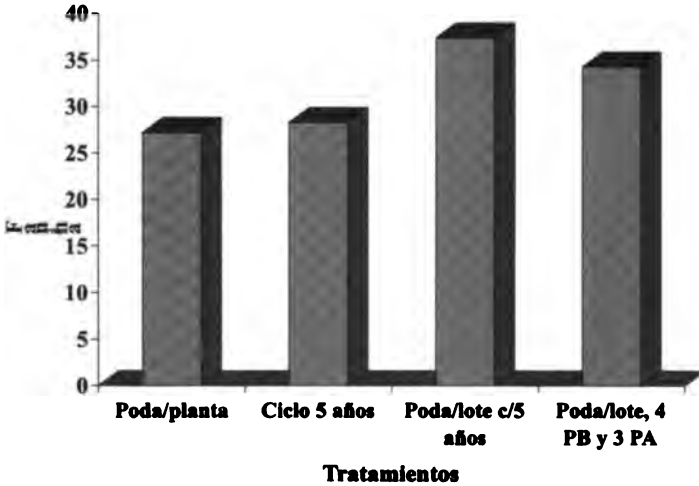


Figura 3. Producción promedio de seis cosechas en fanegas por hectárea de café cereza en Experimento Sistemas de poda por lote. Orosi de Paraíso, Cartago. 1999.

### RECOMENDACIONES

- Pérez Zeledón: a) Poda sistemática con ciclo a tres años. B) Poda baja por lote, seguida después de dos cosechas por poda alta, a un metro, dejando las bandolas a libre crecimiento.
- Turrialba: a) Poda total por lote, cada cuatro años. b) Poda total por lote, a los cuatro años seguida de poda alta y poda de bandolas.
- Orosi. A) Poda sistemática con ciclo a cinco años. B) Poda por

lote, seguida, a los cuatro años por poda alta y poda de bandolas.

### BIBLIOGRAFÍA

- Instituto del Café de Costa Rica. Informe anual de labores 1998/ Pr. Ing. Luis Zamora Quirós, MBA. 1° Ed. Heredia, Costa Rica: ICAFE, Unidad de Investigación y Transferencia de Tecnología en Café. 1999. 273 p.
- Instituto del Café de Costa Rica. 40 años de Investigación y Transferencia de Tecnología en Café.

Programa Cooperativo ICAFE-  
MAG. 1° Ed. San José Costa  
Rica, 1990. 88 p.

Ministerio de Agricultura y Gana-  
dería. Departamento de Investi-

gaciones en Café. Treinta Años  
al Servicio de la Caficultura  
Costarricense.! Ed. San José,  
Costa Rica. 1980. 30 p.

## ● **NUTRICIÓN DEL CAFÉ**



## **CARACTERIZACION DE SUELOS CAFETALEROS Y MANEJO DEL CULTIVO DE CAFE EN EL CANTON DE PEREZ ZELEDON, COSTA RICA**

*Jorge Eduardo Ramírez<sup>1</sup>,  
Rafael Angel Mata<sup>2</sup>,  
Henry Rojas<sup>3</sup>*

### **RESUMEN**

En la zona cafetalera del cantón de Pérez Zeledón, provincia de San José, Costa Rica; se realizó un estudio de caracterización morfológica, química y física de los suelos. A partir de los principios de fisiografía de suelos, se describieron cinco regiones en las cuales se realizó una actualización de la clasificación taxonómica de los suelos. Con base en estos resultados, la información climática y la condición agronómica que presenta el cultivo; se determinaron las principales limitaciones que presenta la caficultura de la zona, se proponen lineamientos generales y ajustes en el manejo de los suelos y el cultivo de acuerdo con las condiciones actuales que presenta cada unidad fisiográfica.

**Palabras clave:** Taxonomía de suelos, cultivo de café, manejo agronómico.

### **INTRODUCCION**

El desarrollo de la actividad cafetalera en el cantón de Pérez Zeledón es bastante reciente si se compara con las zonas de mayor tradición en la producción de café en Costa Rica. La caficultura en

Pérez Zeledón comenzó a adquirir importancia económica durante la década de los años 50, con el incremento de las áreas de siembra y por consiguiente del aporte productivo de la zona a la producción nacional. Sin embargo también con referencia a otras

---

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones en Café, ICAFE

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR

<sup>3</sup> Regional Pérez Zeledón, ICAFE

regiones cafetaleras del país, en Pérez Zeledón a los pocos años de cultivo de logró constatar que el manejo del cultivo planteaba importantes desafíos al productor, en particular por las características edáficas de la zona y los factores climáticos, en varios lugares menos favorables para el cultivo económico de café.

Uno de los primeros reconocimientos de las condiciones geoagronómicas de la región de El General fue realizado por Dóndoli (1943), este autor señala en relación al potencial de desarrollo agrícola de la zona, que mientras los suelos aluviales recientes ubicados en las hondonadas de los ríos en el área central del Valle de El General eran muy fértiles, la mayoría de las terrazas superiores estaban cubiertas de lateritas rojas, lo cual conllevaría un rápido agotamiento después de los primeros años de cultivo. Posteriormente se han realizado algunos trabajos sobre condiciones geológicas de algunas zonas en particular, destacando los estudios realizadas en la zona central del valle con motivo del proyecto Alcoa (Saenz, 1968) Los trabajos sobre suelos de Costa Rica de Acon *et al* (1990), se cuenta entre la información disponible más reciente.

No obstante estas referencias de carácter general, es evidente que

aún no se cuenta con mayor aproximación para describir los suelos dedicados a la caficultura en Pérez Zeledón, como información necesaria de su condición actual que permita determinar prioridades de atención y manejo.

Por eso se realizó el presente estudio de actualización taxonómica de los suelos cafetaleros del cantón de Pérez Zeledón, partiendo de los principios de fisiografía de suelos para establecer unidades fisiográficas, unidades edáficas y en éstas caracterizar los suelos morfológica, química y físicamente. Con la información sistematizada se establece una caracterización actualizada de los suelos cafetaleros, para sugerir lineamientos generales de manejo de los suelos y el cultivo.

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Localización del estudio**

La zona de estudio se ubica en el cantón de Pérez Zeledón, las áreas principales dedicadas al cultivo de café se encuentran delimitadas por el norte y el este a través del piedemonte de la Cordillera de Talamanca, por el sur el límite territorial de Pérez Zeledón con el cantón de Buenos Aires de Puntarenas y por el oeste por la franja de la Fila Costeña.

### **Metodologías**

Se siguió la metodología de análisis fisiográfico para determinar grandes áreas de suelos denominadas unidades fisiográficas, las cuales se correlacionaron con las principales zonas cafetaleras del cantón de Pérez Zeledón, y en éstas se ubicaron sitios en fincas cafetaleras para efectuar un reconocimiento por medio de observaciones de suelo simples y microcalicatas. Después se analizaron y ajustaron las unidades fisiográficas y se escogieron los sitios más representativos para describir los suelos en calicatas (Bergoening, 1998., Elbersen *et al.* 1986., IGN, 1982., Kesel *et al.* (1985), Tournón *et al.* 1997).

A partir del levantamiento de la información de campo y los resultados de los análisis químicos y físicos, los suelos se clasificaron a nivel de sub-grupo de acuerdo con la taxonomía de suelos del USDA (1999), y con base en el agrupamiento de la información de caracterización de suelos, clima, manejo y condición agronómica actual de las plantaciones, se establecieron criterios de interpretación del comportamiento agronómico más característico que presenta el cultivo en cada región fisiográfica (Díaz-Romeu y Hunter, 1978., MAG-MINAE, 1994., Ramírez, 1987).

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **Fisiografía de suelos**

Fisiográficamente el área de estudio se dividió en los siguientes paisajes:

1. Laderas de la Cordillera de Talamanca.
2. Fila Costeña.
3. Valle de los ríos Platanares y Pejibaye.
4. Noreste de la Cordillera de Talamanca.
5. Valles aluviales recientes.

Para efectos del presente trabajo, se hará referencia únicamente de un sitio de calicata tomado como representativo de cada una de las regiones fisiográficas.

#### **Suelos de las Laderas de la Cordillera de Talamanca**

Esta unidad presenta pendientes muy fuertes, muy acusadas, por encima de los 1500 msnm, con suelos de incipiente desarrollo, donde los procesos erosivos fundamentalmente la erosión laminar y la remoción en masa, actúan en forma acelerada. Para representar esta área se describe el suelo de Pueblo Nuevo que corresponde a las partes medias de las laderas de los valles en "V". El suelo se ha desarrollado a partir de materiales coluviales, la pendiente es fuerte y las laderas son muy inclinadas, el clima de esta región es údico.

Estos suelos presentan una secuencia de horizontes del tipo A, AB, Bw, C, de color grisáceo oscuro a pardo fuerte en la parte superior y pardo a pardo fuerte en la parte media y baja del perfil. La fertilidad es baja, aunque se debe destacar los contenidos medios y altos de Mg y K determinados, principalmente en comparación con otras regiones fisiográficas incluidas en el estudio. Desde el punto de vista físico hay mucho contraste entre el primer horizonte donde domina la fracción arena y los restantes con fracción arcillosa, lo cual sugiere problemas para las raíces después del primer horizonte.

Taxonómicamente estos suelos pertenecen al orden de los Inceptisoles, suborden Udepts, a nivel de gran grupo se clasifican como Dystrudepts, y a nivel de subgrupo como Humic Dystrudepts.

El manejo del cultivo en esta región se caracteriza por el predominio de pequeñas unidades productivas, en muchos casos con un limitado uso de tecnologías eficientes lo que sugiere la posibilidad de lograr el mejoramiento de los cafetales a través de programas de renovación. Sin embargo las limitaciones físicas del suelo detectadas a partir del segundo horizonte, sugieren establecer diseños de siembra que no excedan las 5.000 plantas por

hectárea como densidad máxima para atenuar efectos de competencia, y las fuertes pendientes de los terrenos, determinan la necesidad de realizar obras de conservación de suelos muy eficientes en protección del primer horizonte del suelo, con mejor aptitud para distribución de las raíces del cafeto.

### **Suelos de la Fila Costeña**

En esta región el relieve es ondulado a muy ondulado y se evidencia la erosión como un proceso muy activo. La altitud de las áreas sembradas de café en esta unidad va de 700 a 1000 msnm y predominan condiciones de lluvias más limitadas respecto a otras regiones. Para representar la unidad se describe el suelo de Santa Rosa que en general presenta coloraciones rojizas y muy arcillosos.

Estos suelos presentan una secuencia de horizontes del tipo A, Bt, C, de color pardo muy oscuro en el primer horizonte y rojo oscuro en el resto de los horizontes, las texturas son arcillosas a través de todo el perfil, la iluviación de arcilla es muy evidente a través de los cutanes y presenta una buena distribución de raíces hasta los 80 cm. Destaca una fertilidad química en general media para los dos primeros horizontes. Desde el punto de vista físico los suelos



presentan una gran dominancia de la fracción arcilla, aunque en los primeros 25 cm de profundidad las características físicas parecen bastante favorables para las raíces. Taxonómicamente estos suelos pertenecen al orden de los Ultisoles, suborden Ustuls, a nivel de gran grupo se clasifican como Rhodustults, y a nivel de subgrupo como Typic Rhodustults.

La condición climática que predomina en la región, los bajos contenidos de materia orgánica encontrados y un activo proceso erosivo sugiere el manejo de sistemas de cultivo con sombra. Tradicionalmente el caficultor de la zona utiliza musas como sombra en sus cafetales, esta especie en la mayoría de los casos se mantiene en forma permanente y en altas densidades, lo cual reduce potencial productivo de los cafetos por efecto de competencia. Debido a que por lo general la fruta de las musas es bastante apreciada por los productores de la zona en razón del ingreso económico derivado de su comercialización, conviene determinar una propuesta de cultivo asociado que reduzca convenientemente la proporción de musas en el cafetal, a manera de un manejo que permita aumentar los rendimientos del cultivo con el uso de mejor tecnología, impulsando además el uso de especies de sombra permanente con mejores

cualidades para el manejo del sistema productivo.

### **Suelos del Valle de los ríos Platanares y Pejibaye**

Los suelos de esta región fisiográfica se han desarrollado sobre materiales parentales de origen sedimentario, los cuales han sido profundamente meteorizados con el paso del tiempo y han dado lugar a suelos muy arcillificados, profundos de coloraciones rojizas y pardo amarillentas. El área cafetalera de la región se localiza entre 400 y 800 msnm, la precipitación promedio es más escasa que en otras zonas de la región cafetalera de Pérez Zeledón y las temperaturas a pesar de no contar con registros, es probable que sean mayores al resto del área, por lo cual la evapotranspiración sería mayor. Para representar esta unidad se describe el suelo de Platanares ubicado en un sector de colinas bajas con relieve muy ondulado.

Estos suelos presentan una secuencia de horizontes A y Bt, donde aún a 150 cm de profundidad no aparece el horizonte C, las texturas son arcillosas a través de todo el perfil. La fertilidad de estos suelos es muy baja aunque con materia orgánica alta y capacidad de cambio moderada lo que permitiría su mejoramiento por medio de fertilización química

apropiada. Desde el punto de vista físico estos suelos presentan altos contenidos de arcilla desde la superficie, las densidades aparentes son altas y la conductividad hidráulica es baja en los horizontes subsuperficiales, así también es baja la disponibilidad de agua.

Taxonómicamente estos suelos pertenecen al orden de los Ultisoles, suborden Humults, gran grupo Palehumults y subgrupo Ustic Palehumults.

El área de cultivo que abarca esta región, comprende lugares que presentan importantes limitaciones agroecológicas para el cafeto, principalmente por el período seco prolongado que en algunas zonas llega a provocar pérdidas notables de cosecha potencial, por necrosis y caída del botón floral durante períodos severos de déficit hídrico en la época seca. Los factores climáticos adversos para el cultivo también acompañan antecedentes de manejo inadecuado de los suelos debido al desarrollo de actividades pecuarias extensivas y el manejo de cultivos anuales con “suelo limpio” que se realizó durante períodos anteriores al inicio de la actividad cafetalera.

Estos factores adicionales de impacto sobre el ambiente edáfico se manifiestan claramente en la erosión severa que ya han sufrido los suelos, lo mismo que en una condición de compactación que

presentan y que resulta perjudicial para el desarrollo de las raíces. La experiencia de algunas fincas ubicadas en lugares como Villa Argentina y las Mesas con el uso de sombra, principalmente de la especie *Inga* sp. establecida en promedios mayores a 250 árboles por hectárea, parece muy favorable para controlar el microclima de la finca y permitir una mejor condición para el desarrollo de raíces.

Sin descuidar los niveles de Ca y Mg por lo general bajos en estos suelos, particular importancia puede tener la consideración de mejorar especialmente los niveles de K, dado el efecto favorable que se le confiere a este elemento en la regulación del balance hídrico de la planta, mediante su participación en la apertura y cierre de los estomas, lo cual puede resultar de suma importancia para atenuar el desecamiento a que normalmente se encuentran sometidos los cafetos durante el período seco.

#### **Suelos del piedemonte noroeste de la Cordillera de Talamanca**

Los suelos de esta región fisiográfica se distribuyen en áreas de cultivo que van desde los 500 hasta los 1300 msnm. Estos suelos se han desarrollado sobre antiguos depósitos aluviales que forman el piedemonte de la cordillera, y que literalmente rellenaron el fondo del

valle y llegaron hasta el borde de la Unidad Fila Costeña, cabe indicar como importante que este proceso debió darse en forma repetida en diferentes eventos y tiempo lo que explica el paisaje actual que caracteriza esta región, por eso se ha considerado para mejor comprensión de la distribución de los suelos en estos abanicos, la separación de esta amplia franja de cultivo en tres zonas edáficas, y de estos estratos tomar un perfil representativo.

#### **Zona alta:**

Para representar esta área se describe el suelo de San Ramón Norte que corresponde a la parte alta de los abanicos aluviales antiguos o de piedemonte, cuya principal característica es que el relieve es más fuerte y la altitud sobre el nivel del mar es mayor, además el régimen de precipitación anual es mayor que en la parte media y baja de la región. Actualmente estos suelos muestran una matriz arcillosa con restos líticos muy meteorizados provenientes de las rocas intrusivas del Cerro de la Muerte, y en general restos de rocas volcánicas.

Este suelo presenta una secuencia de horizontes Ap, Bt, BC, los colores dominantes son pardo rojizo oscuro y rojo amarillento, las texturas son arcillosas a través del perfil. A partir de los 150 cm de profundidad aparece el horizonte

C, lo que indica que los suelos no alcanzan tanta profundidad como en otras zonas cafetaleras de Pérez Zeledón. La fertilidad de estos suelos es baja y la saturación de bases muy baja, destaca la retención de P muy alta, lo cual indica que estos suelos presentan algunas características de suelos volcánicos aunque únicamente en los dos primeros horizontes. Desde el punto de vista físico contrasta el horizonte A con menos porcentaje de arcilla, baja densidad aparente y mayor conductividad hidráulica respecto a los horizontes B que presentan más arcilla, mayor densidad y baja conductividad.

Taxonómicamente estos suelos pertenecen al Orden de los Ultisoles, suborden Ustults, gran grupo Paleustults y subgrupo Typic Paleustults.

En esta zona predominan las fincas pequeñas establecidas en terrenos de pendiente pronunciadas, donde con frecuencia se asocia el cultivo de café con sombra de musas. Este manejo parece seguir un sistema de cultivo tradicional toda vez que las condiciones agroecológicas no parecen sugerir la necesidad de uso de sombrero, por típicas condiciones de altura. El uso de tecnología es limitado, mientras que la condición general de la zona parece propicia para mejorar la productividad a través de tecnologías adecuadas, lo cual sugiere impulsar programas

de renovación de plantaciones y transferencia de tecnología intensiva.

**Zona media:**

Corresponde a la parte media de los abanicos aluviales antiguos, se representa mediante la descripción del suelo de Cajón. El suelo se ha desarrollado sobre flangomerados producto de la erosión de la Cordillera de Talamanca, en la zona predominan relieves más suaves, con suelos bien drenados donde la erosión es leve debido a una menor gradiente.

Este suelo presenta una secuencia de horizontes del tipo Ap, Bt, de color pardo muy oscuro en el primer horizonte y rojo amarillento en los horizontes Bt, la textura es arcillosa fina a través del perfil. La fertilidad actual de este suelo es baja por lo que requieren atención a través de programas de fertilización integral con énfasis en el manejo de la fertilidad por medio del ajuste del nivel de las bases. Desde el punto de vista físico los suelos presentan altas cantidades de arcilla desde la superficie, pero las densidades aparentes son medias a bajas, la conductividad hidráulica es moderada y el agua útil moderada en el primer horizonte, aspectos que indican en general que este suelo presenta buenas características físicas.

Taxonómicamente estos suelos

pertenecen al orden de los Ultisoles, suborden Humults, gran grupo Palehumults y subgrupo Ustic Palehumults.

El relieve moderado y casi plano de la zona le confiere una condición favorable para el cultivo, así mismo la aplicación de tecnologías ha sido más constante y eficiente en muchas de las fincas ubicadas en sitios representativos de los suelos de la zona. El uso de sombra regulada parece una buena opción de manejo de plantaciones en estos lugares, debido a los factores de temperatura y precipitación. Como aspecto de importancia económica en el manejo del cultivo, se puede mencionar la incidencia de enfermedades fungosas provocadas por *Pellicularia kolleroga* y *Corticium salmonicolor*, lo cual requiere del uso de estrategias eficientes de control.

**Zona baja:**

Corresponde a los suelos de la parte baja de los abanicos aluviales antiguos, se representa por los suelos de Convento ubicados en las antiguas terrazas aluviales formadas por el río Convento probablemente durante el Pleistoceno, y que muestran un avanzado proceso de meteorización. El material parental corresponde a sedimentos antiguos, el relieve por lo general suave, presenta mayores gradientes

hacia los drenajes naturales o cursos de agua.

Este suelo presenta una secuencia de horizontes del tipo Ap, Bt, de color pardo muy oscuro en la superficie a rojo oscuro, la textura es arcillosa, con presencia de arena y algo de gravas finas, las raíces sólo crecen bien en los primeros 18 cm del suelo. La fertilidad actual es muy baja, de hecho en el segundo horizonte la suma de bases es sumamente baja. Esta condición sugiere la restitución de minerales que no solamente suplan los requerimientos básicos del cultivo, sino también que contribuyan a mejorar en alguna medida el contenido mineral del suelo en consideración del manejo de la fertilidad para un cultivo perenne, lo cual se podría irse logrando mediante un programa balanceado de fertilización química y orgánica. Desde el punto de vista físico estos suelos presentan altos porcentajes de arcilla especialmente en los horizontes Bt, a partir de los cuales los parámetros de densidad aparente, conductividad hidráulica y agua aprovechable resultan limitantes para las raíces.

De acuerdo con lo descrito, estas áreas presentan las mayores limitaciones edáficas para el cultivo. Cabe destacar a pesar de las limitaciones existentes, la observación de plantaciones que presentan buena condición agronómica

resultado de la implementación de tecnologías de manejo eficientes, sin embargo en general es notoria la carencia de obras de conservación de suelos necesarias para impedir mayor deterioro de los suelos, así mismo los criterios sobre uso de sombra parecen sugerir ajustes para mejor aprovechamiento de este recurso de manejo, como iniciativas prioritarias bajo la consideración de caficultura sostenible que requiere esta región.

### **Suelos de los valles aluviales recientes**

Los suelos de esta unidad se presentan en depósitos aluviales recientes formados principalmente por el río General, así como algunas áreas aledañas a los ríos Pacuar, Peñas Blancas y La Unión. Para representar esta región se describe el suelo de Repunta que presenta un relieve plano, es bien drenado y no presenta indicios evidentes de erosión. Este suelo presenta una secuencia de horizontes Ap, A2, AB, Bw1, 2Bw2, en la cual los primeros cuatro horizontes se han desarrollado sobre un material reciente donde predominan las arenas y los últimos dos horizontes se formaron a partir de un material más antiguo donde predominan las arcillas. La fertilidad actual de este suelo es media lo que representa el suelo más fértil de los estudiados

en la zona cafetalera de Pérez Zeledón. Desde el punto de vista físico estos suelos presentan texturas francas en los tres primeros horizontes y arcillosas en el resto del perfil, se encuentran en un proceso de deterioro por compactación y ausencia de poros grandes. Taxonómicamente estos suelos pertenecen al orden de los Inceptisoles, suborden Usteps, gran grupo Dystrustepts y subgrupo Fluventic Dystrustepts.

Las características edáficas de la zona son favorables para el cultivo aunque requieren de atención de manejo adecuado para evitar condiciones que favorezcan su deterioro. La condición climática en particular la temperatura media sugiere el uso de sombrío para favorecer una mejor condición en el microclima de las plantaciones. En general el uso de tecnologías eficientes puede mejorar notablemente la productividad.

**Cuadro 1.** Taxonomía de suelos y limitaciones para el cultivo de café en la región cafetalera de Pérez Zeledón, Costa Rica

REGION FISIOGRAFICA	ORDEN	SUBORDEN	GRAN GRUPO	SUBGRUPO	LIMITACIONES	
Laderas de la Cordillera de Talamanca	Inceptisoles	Udepts	Dystrustepts	Humic Dystrustepts	-Profundidad efectiva -Erosión -Fertilidad -Manejo agronómico	
Laderas de la Fila Costeña	Ultisoles	Ustults	Rhodustults	Typic Rhodustults	- Erosión -Epoca seca -Texturas -Manejo agronómico	
Valles de los ríos Platanares y Pejiballe	Ultisoles	Humults	Palehumults	Ustic Palehumults	-Epoca seca -Fertilidad -Erosión -Texturas	
Piedemonte Noroeste de la Cordillera de Talamanca	A	Ultisoles	Ustults	Paleustults	Typic Paleustults	-Erosión -Fertilidad -Texturas -Profundidad efectiva -Manejo agronómico
	M	Ultisoles	Humults	Palehumults	Ustic Palehumults	-Fertilidad -Texturas
	B	Ultisoles	Ustults	Kandiustults	Acrustoxic Kandiustults	-Fertilidad -Texturas -Profundidad efectiva -Epoca seca
Valles aluviales recientes	Inceptisoles	Ustepts	Dystrustepts	Fluventic Dystrustepts	-Profundidad efectiva	

A: Zona alta  
M: Zona media  
B: Zona baja

**Cuadro 2. Características morfológicas y físicas de siete pedones representativos de la región cafetalera de Pérez Zeledón, Costa Rica**

Horizonte/Profundidad	Color		Estructura	Arena %	Limo %	Arcilla %	Nombre Textural	Humedad		Densidad
	Tabla Munsell							0.3 b	15 b	
<b>Pedón 1. Pueblo Nuevo</b>										
<i>Humic Dystrudepts</i>										
Ap	0-12 cm	10YR 3/2	baf,mf,md	46.75	26.75	26.50	FA a	32.02	25.08	0.99
AB	12-44 cm	10YR 3/3	baf,m,md	29.38	23.37	47.25	A	34.08	24.74	1.12
Bw	44-75 cm	7.5YR 4/4	baf, md	22.25	25.87	51.88	A	31.13	23.82	1.33
C	75-150 cm	10YR 5/6	ban, d	28.50	20.50	51.00	A	25.22	17.88	1.35
<b>Pedón 2. Santa Rosa</b>										
<i>Typic Rhodosults</i>										
Ap	0-24 cm	10YR 2/2	baf, m, md	31.75	24.25	44.00	A	52.95	40.29	0.89
Bt1	24-82 cm	2.5YR 4/6	bs, m, md	6.00	17.12	76.88	A	40.93	34.66	1.28
Bt2	82-110 cm	2.5YR 4/8	bs, m, md-d	6.00	14.62	79.38	A	44.95	38.52	1.29
C	110-150 cm	2.5YR 4/8	bs, m, md	8.50	21.75	69.75	A	46.42	39.26	1.24
<b>Pedón 3. Plantanera</b>										
<i>Ustic Palehumults</i>										
Ap	0-15 cm	2.5YR 3/4	bs, m, md	20.50	23.00	56.50	A	45.32	38.21	1.15
Bt1	15-42 cm	2.5YR 4/6	bs, m, md	8.50	14.25	77.25	A	43.25	34.88	1.04
Bt2	42-107 cm	2.5YR 4/8	bs, m, md	1.00	11.75	87.25	A	44.39	39.54	1.20
Bt3	107-150 cm	10YR 5/8	baf, md	1.88	20.87	77.25	A	47.09	38.79	1.16
<b>Pedón 4. San Ramón Norte</b>										
<i>Typic Paleustults</i>										
Ap	0-11 cm	7.5YR 2.5/2	baf, md	33.13	25.00	41.87	A	51.49	47.13	0.85
Bt1	11-29 cm	5YR 3/4	bs, m, md	16.00	14.62	69.38	A	43.05	38.63	0.98
Bt2	29-87 cm	5YR 4/6	bs, m, md	3.50	19.25	77.25	A	42.60	39.15	1.18
BC	87-150 cm	5YR 4/6	baf, md	10.63	25.88	63.49	A	42.96	34.67	1.04
<b>Pedón 6. Cajón</b>										
<i>Ustic Paleohumults</i>										
Ap	0-21 cm	10YR 2/2	baf, md	23.50	14.62	61.88	A	57.20	41.64	0.90
Bt1	21-47 cm	7.5YR 3/4	baf, mf, md	29.25	4.25	66.50	A	40.63	35.41	0.90
Bt2	47-104 cm	5YR 4/6	baf, m, md	17.75	6.37	75.88	A	40.61	36.84	0.96
Bt3	104-150 cm	5YR 5/8	bs, m, md	21.51	8.16	70.33	A	43.58	30.91	1.06
<b>Pedón 5. Cerveza</b>										
<i>Acrostic Kandisults</i>										
Ap	0-18 cm	7.5YR 2.5/2	baf, md	48.50	12.50	39.00	Aa	31.38	33.73	0.82
Bt1	18-58 cm	2.5YR 4/6	baf,m, md	34.75	11.25	54.00	A	31.15	34.82	0.99
Bt2	58-119 cm	2.5YR 4/6	baf, d, md	12.25	18.75	69.00	A	31.87	34.79	1.26
Bt3	119-150 cm	2.5YR 3.5/6	baf, d, md	20.25	14.50	65.25	A	34.56	28.01	1.40
<b>Pedón 7. Rapuza</b>										
<i>Fluventic Dystrudepts</i>										
Ap	0-15 cm	10YR 2/1 Negro	bs, mf, md	47.75	33.25	19.00	F	12.97	24.95	1.30
A2	15-29 cm	10YR 2/3	baf, md	59.75	8.75	31.50	FA a	16.34	20.33	1.26
AB	29-47 cm	7.5YR 3/4	basa, m, md	43.50	20.00	36.50	FA	19.96	24.30	1.47
Bw1	47-79 cm	40% 7.5YR3/4	basa, m, md-d	45.50	16.75	37.75	Aa	22.21	25.82	1.44
2 Bw2	79-121 cm	40% 7.5YR3/4	basa, m, d	29.25	15.50	55.25	A	27.24	30.41	1.36
2 Bw3	121-150 cm	7.5YR 4/6	bs, m, d	27.75	17.00	55.25	A	33.71	30.36	1.18

a = arenoso, bs = biocosa subangular, d = débil, f = fina, g = granular, gr = gruesa, m = media, md = moderada, mf = muy fina

**Cuadro 3.** Características químicas de siete pedones representativos de la región cafetalera de Pérez Zeledón, Costa Rica.

Horizonte/Profundidad		pH H <sub>2</sub> O	Ca	Mg	K cmol (+)/L <sup>3</sup>	S <sup>1</sup>	CIC	S.B. <sup>2</sup> %
<b>Pedón 1. Pueblo Nuevo</b>								
<i>Humic Dystrudepts</i>								
Ap	0-12 cm	4.3	3.96	1.84	0.67	8.76	34.26	25.57
AB	12-44 cm	3.9	0.63	0.28	0.16	1.13	53.75	2.10
Bw	44-75 cm	4.1	0.38	0.09	0.13	0.28	44.12	0.63
C	75-150 cm	4.0	0.61	0.13	0.05	0.74	13.38	5.53
<b>Pedón 2. Santa Rosa</b>								
<i>Typic Rhodustults</i>								
Ap	0-24 cm	4.6	10.28	2.45	0.68	14.08	40.26	34.97
Bt1	24-82 cm	5.2	11.10	1.32	0.45	13.19	38.98	33.84
Bt2	82-110 cm	5.4	11.50	1.98	0.25	12.60	43.17	29.19
C	110-150 cm	4.7	9.14	2.87	0.13	14.34	33.74	42.50
<b>Pedón 3. Platanares</b>								
<i>Ustic Palehumults</i>								
Ap	0-15 cm	4.3	2.62	0.66	0.13	4.3	27.59	15.59
Bt1	15-42 cm	3.7	0.82	0.22	0.12	1.04	28.25	3.68
Bt2	42-107 cm	4.2	0.68	0.15	0.07	2.1	36.5	5.75
Bt3	107-150 cm	4.3	2.83	0.44	0.02	3.84	28.75	13.36
<b>Pedón 4. San Ramón Norte</b>								
<i>Typic Paleustults</i>								
Ap	0-11 cm	4.2	3.87	1.16	0.16	6.44	46.75	13.78
Bt1	11-29 cm	4.4	1.71	0.43	0.05	2.61	37.51	6.96
Bt2	29-87 cm	4.5	3.57	0.52	0.03	4.74	39.56	11.98
BC	87-150 cm	4.3	3.90	0.90	0.04	5.91	33.13	17.84
<b>Pedón 6. Cajón</b>								
<i>Ustic Palehumults</i>								
Ap	0-21 cm	4.3	0.92	0.33	0.17	1.81	32.94	5.49
Bt1	21-47 cm	4.2	0.39	0.15	0.09	0.6	29.14	2.06
Bt2	47-104 cm	4.2	0.45	0.13	0.03	0.65	27.02	2.41
Bt3	104-150 cm	4.0	0.26	0.12	0.01	0.52	28.76	1.81
<b>Pedón 5. Convento</b>								
<i>Acrustoxic Kandistults</i>								
Ap	0-18 cm	4.6	0.42	0.1	0.08	1.65	20	8.25
Bt1	18-58	4.4	ND	ND	0.05	0.59	17.44	3.38
Bt2	58-119 cm	4.3	0.02	ND	0.03	0.16	11.5	1.39
Bt3	119-150 cm	4.7	ND	ND	0.05	0.18	4.09	5.1
<b>Pedón 7. Repunta</b>								
<i>Fluventic Dystrustepts</i>								
Ap	0-15 cm	4.80	3.98	0.71	0.50	7.23	20.11	35.95
A2	15-29 cm	5.10	5.28	5.28	1.10	8.94	19.95	44.81
AB	29-47 cm	5.40	5.88	1.10	0.16	9.73	19.5	49.90
Bw1	47-79 cm	5.80	5.83	1.12	0.09	9.06	20.79	43.58
2 Bw2	79-121 cm	5.70	5.68	1.23	0.12	10	20.23	49.43
2 Bw3	121-150 cm	5.20	4.50	1.41	0.12	9.42	21.36	44.10

1. Suma de bases; 2. Saturación de bases.; 3. Determinación realizado en NH<sub>4</sub> y OAC (pH = 7.0)



## **CONCLUSIONES**

Los suelos cafetaleros del cantón de Pérez Zeledón se agrupan en dos órdenes de la taxonomía de suelos: Ultisoles e Inceptisoles.

Dentro de los Ultisoles se presentan como suelos representativos: Typic Rhodustults (Santa Rosa), Ustic Palehumults (Platanares), Typic Paleustults (San Ramón Norte), Ustic Palehumults (Cajón), Acrustoxic Kandistults (Convento). Dentro de los Inceptisoles se presentan como suelos representativos: Humic Dytrudepts (Pueblo Nuevo), Fluventic Dystrustepts (Repunta).

En los Ultisoles: Los suelos de la región Fila Costeña presentan una fertilidad media siendo los más fértiles. Los suelos de Platanares y Pejibaye tienen fertilidad baja principalmente en los contenidos bajos de Ca, Mg y K. Los suelos de la zona baja del piedemonte presentan una fertilidad muy baja, siendo los más pobres químicamente.

En los Inceptisoles: Los suelos de las laderas de la Cordillera de Talamanca presentan una fertilidad baja aunque se debe destacar los contenidos medios de Mg y K que presentan. Los suelos de los valles aluviales recientes, presentan una fertilidad media, siendo los más fértiles de la región cafetalera de Pérez Zeledón.

En los Ultisoles: Los suelos de La Fila Costeña y de la zona baja del piedemonte presentan en general buenas características físicas en el primer horizonte. Los suelos de Platanares y Pejibaye presentan altos contenidos de arcilla desde la superficie, lo que les confiere fuertes limitaciones físicas para el desarrollo de las raíces.

En los Inceptisoles: Los suelos de las laderas de la Cordillera de Talamanca presentan buenas características físicas en el primer horizonte. Los suelos de los valles aluviales presentan buenas características físicas a través de los tres primeros horizontes.

Se evidencia una erosión activa que ha venido deteriorando los suelos en diferente grado de severidad en razón de una escasa aplicación de tecnologías de conservación de suelos y manejo adecuado del cultivo. Tal efecto resulta aún más evidente en lugares donde actividades agrícolas y pecuarias anteriores al inicio de la caficultura, favorecieron la erosión acelerada de los suelos.

Entre las limitaciones climáticas destaca el período seco prolongado en el valle de los ríos Platanares y Pejibaye, laderas de la Fila Costeña y áreas de la parte central del Valle de El General, mientras que la alta pluviosidad en la parte media y alta del piedemonte favorece la incidencia de enfermedades fungosas. La

escasa utilización de tecnologías agronómicas eficientes, limita la productividad del cultivo en las laderas de la Cordillera de Talamanca, la Fila Costeña y la zona alta del piedemonte. Las características edáficas de las regiones cafetaleras de Pérez Zeledón, sugieren definir programas de fertilización y uso de enmiendas más ajustados a las necesidades de las diferentes regiones de cultivo.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ACON, J et al. 1990. Mapa de Asociaciones de Sub-grupos de Suelos de Costa Rica. MAG-SEPSA. San José (Costa Rica). Escala 1:200.000
- BERGOEING, J.P. 1998. Geomorfología de Costa Rica. Instituto Geográfico Nacional. San José, Costa Rica. 409 p.
- ELBERSEN, G.W., BENAVIDES, S.T., BOTERO, P.J. 1986. Metodología para levantamientos edafológicos. Parte 2: Especificaciones y manual de procedimientos. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá (Colombia). 82 p.
- DIAZ-ROMEY, R., HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. CATIE. Turrialba (Costa Rica). 68 p.
- DONDOLI, C. 1943. La región de El General. Condiciones Geológicas y geoagronómicas de la zona. Revista del Instituto de Defensa del Café de Costa Rica. N° 106. San José (Costa Rica). Pag. 513-528.
- INSTITUTO GEOGRAFICO NACIONAL. 1982. Hojas Cartográficas: Buenos Aires, Coronado, Curicí, Dominical, Dúrika, General, Repunta, Savegre, San Isidro. Mapa Básico de Costa Rica. San José (Costa Rica). Escala 1:50.000.
- KESEL, R.H., SPICER, B.E., ROUGE, B. 1985. Geomorphologic relationships and ages of soils on alluvial fans in the río General Valley, Costa Rica. *Catena*. Vol 12. Pag. 149-166.
- MAG-MINAE. 1994. Manual para la determinación de la capacidad de uso de las tierras de Costa Rica. San José (Costa Rica). 51 p.
- RAMIREZ, J.R. 1987. La caficultura en el cantón de Pérez Zeledón. *Noticiero del Café*. N°24. Pag. 1-3.
- SAENZ, A. 1968. *Agrología Valle Del General*. Publicaciones

Universidad de Costa Rica.  
Serie textos N° 170. San  
José (Costa Rica). 17 p.

TOURNON, J., ALVARADO, G.  
1997. Mapa Geológico de  
Costa Rica. Mapa escala  
1:500.000. Editorial  
Tecnológica de Costa Rica.  
San José (Costa Rica).

SOIL SURVEY STAFF. 1999. Soil  
Taxonomy. A basic System  
of Soil Classification for  
Making and Interpreting  
Soil Surveys. USDA, Natu-  
ral Resources Conservation  
Service. Agr. Handbook N°  
436. 869 p



## EXTRACCIÓN DE NITRÓGENO EN DOS CULTIVARES DE CAFÉ EN COSTA RICA

Víctor Chaves Arias<sup>1</sup>

Eloy Molina<sup>2</sup>

### RESUMEN

En la finca experimental del ICAFE (CICAFE) en San Pedro de Barva, Heredia; se estableció un ensayo con el objetivo de cuantificar la extracción de nutrientes minerales del suelo por parte de plantas de los cultivares Costa Rica 95 y Catuaí. La extracción de los nutrientes se calculó por diferencia entre los contenidos nutricionales totales, de grupos de plantas arrancadas con un año de diferencia (Marzo, 1998 y Marzo, 1999).

En ambos cultivares el orden de extracción fue K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>B>Cu>Zn. Durante el año de estudio, la parcela de C.R.-95, tuvo una ganancia en peso seco de 17.7 tm/ha de las cuales un 25% correspondió a la producción de frutas ( $\pm$  54.0 fan/ha), estimándose la extracción de nutrientes en 256 kg K, 242 kg N, 141 kg Ca, 34 kg Mg, 21 kg P, 19 kg S, 2775 g Fe, 1814 g Mn, 608 g B, 324 g Cu y 194 g Zn. En el mismo período la parcela de Catuaí presentó un incremento en peso seco de 12.6 tm/ha de las que un 30% correspondió a la cosecha ( $\pm$  46.0 fan/ha) y su extracción de nutrientes por hectárea fue de 216 kg K, 174 kg N, 86 kg Ca, 18 kg Mg, 15 kg P, 11 kg S, 5446 kg Fe, 917 g Mn, 562 g B, 273 g Cu y 107 k Zn.

**Palabras clave:** Extracción, nutrientes, café.

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo Investigador ICAFE

<sup>2</sup> Centro de Investigaciones Agrícolas Universidad de Costa Rica

## INTRODUCCION

En la búsqueda de racionalizar las prácticas de fertilización en café, resulta de gran utilidad el poder contar con un estimado de los niveles en que cada uno de los nutrientes minerales es extraído del suelo durante un período anual de cultivo. En este campo, si bien son comunes los trabajos en donde se determina la extracción de nutrientes por parte de los frutos (Carvajal, 1959; García, 1980; Moraes, 1964; Segura, 1992).

Son mucho más escasos aquellos en los que se abarca la extracción por la totalidad de los órganos de la planta de café.

Dentro de estos últimos cabe destacar los realizados en Brasil por Catani *et al*, 1965 y más recientemente por Correa *et al*, 1986; no obstante los datos obtenidos en estos valiosos estudios no pueden extrapolarse directamente a las condiciones de la caficultura costarricense dado que fueron llevados a cabo en parcelas con densidades de siembra (1000 a 1250 puntos de siembra/ha) muy inferiores a las usualmente utilizadas por el caficultor costarricense (5000-7000 puntos de siembra/ha).

El presente trabajo tiene como objetivo el aportar información sobre los niveles de extracción de nutrientes minerales por parte de los cultivares Costa Rica 95 y

Catuaí, bajo las condiciones de manejo de la caficultura tecnificada en Costa Rica.

## MATERIALES Y METODOS

En la finca experimental del ICAFE (CICAFE) ubicada en San Pedro de Barva a 1180 msnm, se seleccionaron 3 parcelas del cultivar Costa Rica 95 y 1 de Catuaí, todas ellas establecidas a plena exposición solar y a 2 plantas por punto de siembra; las de C.R.-95 fueron sembradas en 1992, 1993 y 1995 a densidades de siembra respectivamente de 6006 pts/ha (0.90 m. x 1.85 m.), 5882 (2 m. x 0.85 m.) y 6613 pts/ha (1.80 m. x 0.84) y la de Catuaí en 1993 a 5882 pts/ha (2 m. x 0.85).

En marzo y agosto de 1998 y marzo de 1999; en cada parcela se arrancaron 3 plantas, en las que se midió el peso fresco de frutas, hojas, bandolas, tallo, raíz gruesa (eje central) y raíz fina (raíces laterales); y luego de secarse a 65°C. hasta peso constante se tomó el peso seco. Una muestra de cada tejido se utilizó para determinar las concentraciones de los elementos N, P, K, Mg, Ca, S, Fe, Cu, Mn, B y Zn para lo cual se emplearon las metodologías descritas por Díaz-Romeu y Hunter (1978).

En las parcelas de Catuaí y C.R.-95 (1995) se determinaron los con-

tenidos por planta de cada nutriente al inicio (Marzo, 98) y al final del experimento (Marzo, 99), considerándose la diferencia entre ambos valores como la extracción anual del nutriente evaluado. Debe indicarse que en el contenido final se consideró los frutos cosechados y las hojas caídas.

En las parcelas de C.R.-95 sembradas en 1992 y 1993; los datos obtenidos se utilizaron para evaluar las diferencias en las concentraciones de los nutrientes, en función de la edad de los cafetos; no obstante en ellas no se calculó la extracción por presentarse alguna heterogeneidad en el porte de las plantas, lo que aumentaría el error inherente al método de evaluación empleado.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### a) Concentración de nutrientes

En los cuadros 1 y 2 al considerar el promedio ponderado de la concentración de nutrientes, observamos que independientemente de la fecha de muestreo, tanto las plantas de Catuaí como las de C.R.-95 (1995), presentaron el mismo ordenamiento cuantitativo:

**N > K > Ca > Mg > P > S > Fe > Mn > B > Cu > Zn**

Este patrón general tuvo algunas modificaciones al considerarse los órganos individualmente; de esta forma en los frutos (Agosto, 98) el potasio desplaza al nitrógeno como nutriente predominante, en tallo y raíz G. los contenidos de Ca y K son muy similares mientras que en hojas y bandolas el S tiende a superar al fósforo ocurriendo lo contrario en el tallo.

**Cuadro 1.** Concentración nutricional por órgano en plantas de Costa Rica 95 (1995), en 3 fechas de evaluación.

Fecha	Organo	%						mg/kg				
		N	K	Ca	Mg	S	P	Fe	Mn	B	Cu	Zn
Mar, 98	Hojas	2.48	2.37	1.36	0.44	0.17	0.11	174	208	60	17	12
Mar, 98	Band	1.21	1.03	0.88	0.19	0.11	0.06	158	100	18	29	15
Mar, 98	Tallo	0.70	0.51	0.47	0.14	0.05	0.05	118	38	19	11	5
Mar, 98	Raíz G	0.68	0.35	0.38	0.10	0.05	0.05	203	31	19	8	6
Mar, 98	Raíz F	1.09	0.63	0.33	0.14	0.11	0.09	629	49	51	15	12
	<b>pro pon</b>	<b>1.09</b>	<b>0.87</b>	<b>0.67</b>	<b>0.19</b>	<b>0.08</b>	<b>0.06</b>	<b>174</b>	<b>76</b>	<b>27</b>	<b>16</b>	<b>9</b>
Ago, 98	Hojas	2.84	2.14	1.12	0.38	0.18	0.17	173	171	60	24	17
Ago, 98	Band	1.20	1.25	0.90	0.22	0.11	0.09	162	104	46	33	24
Ago, 98	Tallo	0.66	0.57	0.50	0.13	0.06	0.07	71	21	37	12	6
Ago, 98	Raíz G	0.82	0.48	0.47	0.11	0.07	0.07	198	21	38	11	6
Ago, 98	Raíz F	1.80	1.03	0.47	0.31	0.21	0.11	1870	94	51	33	27
Ago, 98	Frutos	2.04	2.21	0.42	0.21	0.15	0.16	88	55	40	19	17
	<b>pro pon</b>	<b>1.47</b>	<b>1.24</b>	<b>0.70</b>	<b>0.21</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>	<b>150</b>	<b>75</b>	<b>44</b>	<b>19</b>	<b>13</b>
Mar, 99	Hojas	2.39	2.21	1.44	0.38	0.18	0.13	259	257	73	18	14
Mar, 99	Band	1.18	1.08	1.12	0.22	0.10	0.10	159	97	25	38	26
Mar, 99	Tallo	0.54	0.43	0.45	0.10	0.04	0.09	81	25	22	11	3
Mar, 99	Raíz G	0.62	0.34	0.37	0.09	0.05	0.07	71	20	13	2	2
Mar, 99	Raíz F	1.19	0.84	0.39	0.18	0.12	0.09	735	45	25	24	13
	<b>pro pon</b>	<b>1.22</b>	<b>1.05</b>	<b>0.84</b>	<b>0.20</b>	<b>0.10</b>	<b>0.10</b>	<b>182</b>	<b>102</b>	<b>35</b>	<b>18</b>	<b>11</b>
	<b>Fruto Maduro</b>	<b>1.45</b>	<b>2.21</b>	<b>0.27</b>	<b>0.13</b>	<b>0.12</b>	<b>0.11</b>	<b>62</b>	<b>38</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>7</b>

\*Cada dato proviene del promedio de 3 muestras.



**Cuadro 2.** Concentración nutricional por órgano en plantas de Catuaí, en 3 fechas de evaluación.

Fecha	Órgano	%						mg/kg				
		N	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
Mar, 98	Hojas	2.37	2.37	1.26	0.37	0.16	0.21	204	242	67	20	12
Mar, 98	Band	1.01	0.95	0.85	0.15	0.07	0.08	142	88	15	19	10
Mar, 98	Tallo	0.58	0.40	0.42	0.12	0.07	0.05	132	39	18	5	5
Mar, 98	Raíz G	0.68	0.27	0.45	0.10	0.05	0.04	319	33	16	4	5
Mar, 98	Raíz F	0.82	0.58	0.34	0.11	0.09	0.08	832	45	42	14	11
	<b>pro pon</b>	<b>0.82</b>	<b>0.66</b>	<b>0.58</b>	<b>0.14</b>	<b>0.07</b>	<b>0.07</b>	<b>202</b>	<b>64</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>7</b>
Ago, 98	Hojas	2.56	2.65	0.97	0.23	0.16	0.14	170	130	57	19	10
Ago, 98	Band	0.99	0.93	0.87	0.13	0.06	0.08	177	64	38	22	13
Ago, 98	Tallo	0.55	0.48	0.41	0.10	0.05	0.04	89	18	32	7	4
Ago, 98	Raíz G	0.59	0.35	0.33	0.06	0.07	0.05	252	20	29	7	7
Ago, 98	Raíz F	1.16	0.68	0.33	0.15	0.08	0.12	3833	59	30	20	15
Ago, 98	Frutos	1.73	2.40	0.32	0.16	0.16	0.13	56	47	31	14	9
	<b>pro pon</b>	<b>1.06</b>	<b>1.03</b>	<b>0.57</b>	<b>0.13</b>	<b>0.08</b>	<b>0.07</b>	<b>199</b>	<b>48</b>	<b>36</b>	<b>13</b>	<b>8</b>
Mar, 99	Hojas	2.33	2.38	1.24	0.26	0.12	0.14	233	206	93	19	11
Mar, 99	Band	1.03	1.02	0.94	0.16	0.08	0.08	163	85	23	26	15
Mar, 99	Tallo	0.53	0.49	0.48	0.11	0.08	0.04	80	27	19	7	3
Mar, 99	Raíz G	0.57	0.36	0.31	0.09	0.06	0.04	127	21	14	1	3
Mar, 99	Raíz F	1.14	0.83	0.33	0.15	0.09	0.11	2300	68	29	26	14
	<b>pro pon</b>	<b>0.97</b>	<b>0.92</b>	<b>0.67</b>	<b>0.15</b>	<b>0.09</b>	<b>0.07</b>	<b>317</b>	<b>70</b>	<b>32</b>	<b>14</b>	<b>8</b>
	<b>Fruto Maduro</b>	<b>1.52</b>	<b>2.17</b>	<b>0.27</b>	<b>0.12</b>	<b>0.12</b>	<b>0.11</b>	<b>86</b>	<b>42</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>6</b>

\*cada dato proviene del promedio de 3 muestras.

Ubicándose nuevamente en los promedios ponderados, es importante destacar que al comparar las concentraciones nutricionales de C.R.-95 (1995) con las de Catuaí, este último cultivar presentó valores inferiores para la mayoría de los nutrimentos, siendo la excepción Fe y ocasionalmente P (Marzo, 98). Con el propósito de evaluar el efec-

to de la edad, en el cuadro 3 se comparan los promedios ponderados de Catuaí, con los obtenidos en las 3 parcelas de C.R.-95 (1992, 1993 y 1995); observándose en el cultivar C.R.-95, un descenso en las concentraciones de N, K y Mn al aumentar la edad de los cafetos, mientras que el Fe presentó un comportamiento inverso y los res-

tantes elementos tuvieron poca variación o esta fue errática. Al compararse los valores obtenidos en Catuaf con los de las plantas de C.R.-95 (1992, 1993) de una edad similar, puede notarse que si bien

para la mayoría de los nutrientes las diferencias fueron escasas, el Catuaf presentó las menores concentraciones en 10 de los 11 elementos evaluados, siendo la excepción el Mn.

**Cuadro 3.** Promedio por planta de las concentraciones nutricionales en parcelas de Costa Rica 95 sembradas en 1992, 1993 y 1995; Catuaf en 1993

	%						mg/kg				
	N	K	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
C.R. 95 (1992)	1.02	0.92	0.80	0.19	0.09	0.09	342	42	34	20	14
C.R. 95 (1993)	1.08	0.93	0.68	0.16	0.09	0.08	331	75	31	16	9
C.R. 95 (1995)	1.26	1.05	0.73	0.20	0.09	0.10	167	84	35	18	11
Catuaf (1993)	0.95	0.87	0.61	0.14	0.08	0.07	239	60	30	12	8

\*cada dato es promedio de 3 fechas de evaluación

Estos resultados, si bien no pueden considerarse concluyentes sugieren una mayor capacidad de extracción de las plantas del cultivar C.R.-95.

#### b) Extracción de nutrientes

En los cuadros 4 y 5 se presenta la ganancia en biomasa (p.s.) así como la extracción de nutrientes de C.R.-95 (1995) y Catuaf, observándose que en el transcurso de un año (Marzo, 98-Marzo, 99) C.R.-95 (1995) registró un incremento en peso seco equivalente a 17.74 TM/ha de las que un 25% (4.46 TM/ha) se empleó en la producción de frutos. En Catuaf el incremento anual en biomasa se estimó en 12.65 TM/ha correspondiendo el 30% (3.80 TM/ha) a la cosecha. La menor producción de biomasa (28% menor a C.R.-95, 1995), en

la parcela de Catuaf es un reflejo del mayor "agotamiento vegetativo" que sufrió este cultivar en concordancia con la edad de sus plantas; y que en un manejo tradicional conduciría a la poda de los cafetos una vez finalizada la cosecha.

En relación a los nutrientes minerales, en C.R.-95 (1995); el potasio con 256 kg/ha fue el que se extrajo en mayor cantidad, seguido por nitrógeno y calcio con 242 kg/ha y 141 kg/ha respectivamente; sumando estos 3 elementos el 89.90% del total de elementos minerales extraídos, mientras que Mg, P y S representaron un 10.30% y en conjunto los micronutrientes evaluados un 0.80%; pudiéndose resumir el orden de extracción en la siguiente forma:

K>N>Ca>Mg>P>S>Fe>Mn>B>Cu>Zn. Catuaí presentó el mismo patrón de extracción, no obstante como era de esperar por su menor producción de biomasa, la cantidad de nutrientes extraídos fue inferior,

con la única excepción del Fe, caso en el que podría haberse presentado contaminación del sistema radical con el suelo adherido a su superficie.

**Cuadro 4.** Incremento en peso seco y extracción anual de nutrientes del cultivar Costa Rica 95 (1995).

	P.S.	kg/ha						g/ha				
		K	N	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
<b>Hojas</b>	5.004	107.9	118.6	74.8	18.2	6.9	9.3	1.437	1.364	384	93	70
<b>Frutos</b>	4.457	98.1	64.3	11.6	5.5	4.7	5.2	265	167	54	66	31
<b>Bandolas</b>	2.312	26.2	26.7	31.5	5.7	3.3	2.2	362	213	73	106	84
<b>Tallo+raíz</b>	5.967	23.8	32.1	23.3	4.6	6.6	2.5	709	70	97	58	9
<b>Total</b>	<b>17.741</b>	<b>256</b>	<b>242</b>	<b>141</b>	<b>34</b>	<b>21</b>	<b>19</b>	<b>2.775</b>	<b>1.814</b>	<b>608</b>	<b>324</b>	<b>194</b>
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<b>Hojas</b>	28	42	49	53	53	32	49	52	75	63	29	36
<b>Frutos</b>	25	38	27	8	16	22	27	10	9	9	20	16
<b>Bandolas</b>	13	10	11	22	17	15	11	13	12	12	33	43
<b>Tallo+raíz</b>	34	9	13	16	14	31	13	26	4	16	18	5
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

**Cuadro 5.** Incremento en peso seco y extracción anual de nutrientes del cultivar Catuaí.

Organo	P.S.	kg/ha						g/ha				
		K	N	Ca	Mg	P	S	Fe	Mn	B	Cu	Zn
<b>Hojas</b>	3.454	82.1	80.3	42.5	7.6	3.9	4.1	838	675	350	66	38
<b>Frutos</b>	3.799	82.9	56.9	9.9	4.4	4.6	4.2	336	158	72	76	22
<b>Bandolas</b>	891	11.8	11.4	13.3	1.6	1.2	0.7	286	54	61	61	44
<b>Tallo+raíz</b>	4.507	38.9	25.7	20.9	4.5	5.2	1.5	3.987	30	78	70	3
<b>Total</b>	<b>12.651</b>	<b>216</b>	<b>174</b>	<b>86</b>	<b>18</b>	<b>15</b>	<b>11</b>	<b>5.446</b>	<b>917</b>	<b>562</b>	<b>273</b>	<b>107</b>
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
<b>Hojas</b>	27	38	46	49	42	26	39	15	74	62	24	35
<b>Frutos</b>	30	38	33	11	24	31	40	6	17	13	28	21
<b>Bandolas</b>	7	5	7	15	9	8	4	5	6	11	22	41
<b>Tallo+raíz</b>	36	18	15	24	25	35	14	73	3	14	26	3
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Al dividir las plantas en hojas, frutos, bandolas y el sistema tallo-raíz; en ambos cultivares las hojas se convirtieron en el principal responsable de la extracción de N, Ca, Mg, Mn y B; y en el caso de C.R.-95 también de K, P, S y Fe.

En comparación con otros órganos, tanto en Catuaí como en C.R.-95, los frutos destacan por la extracción de los nutrientes K, N, P y S; mientras que por el contrario es comparativamente baja la extracción de Ca, Fe y B.

### **c) Extracción vs fertilización**

Dentro de un manejo sostenible del agroecosistema cafetalero un objetivo a plantearse es el mejorar o al menos mantener la fertilidad del suelo; es por ello de interés comparar las extracciones obtenidas en este estudio, contra los niveles de respuesta generados a través de la investigación (Chaves, 1999) dándosele especial énfasis a lo consumido por los frutos, esto por cuanto cabe esperar un elevado reciclaje

de los elementos extraídos por los órganos vegetativos, mientras que por el contrario los contenidos en los frutos salen del sistema al cosecharse, contribuyendo con ello al empobrecimiento del suelo.

Para los principales elementos involucrados en las prácticas de fertilización, la comparación sugerida se realiza en el cuadro 6, en donde se presenta el ámbito de respuesta, las extracciones de C.R.-95 (1995) y Catuaí así como un estimado de la extracción por parte de los frutos en una cosecha hipotética de 100 fan/ha. Antes de analizar los datos de este cuadro debe indicarse que si bien las cosechas obtenidas en este estudio pueden considerarse elevadas al compararse con el promedio Nacional de 34 fan/ha (2.804 kg P.S./ha), se encuentran dentro de un ámbito normal para cafetales altamente tecnificados, en los que pueden presentarse picos de producción superiores a las 100 fan/ha (8256 kg P.S./ha).

**Cuadro 6.** Comparación de extracciones nutricionales en Costa Rica 95 (1995) y Catuaf vs ámbito de respuesta a la fertilización.

Cultivar	Extracción	Kg/ha								
		P.S.	K <sub>2</sub> O	N	CaCO <sub>3</sub>	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>4</sub>	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Zn
C.R. 95	Total	17.741	307	242	352	56	48	57	1.933	0.194
C.R. 95	*Frutos (54.0 fan/ha)	4.457	118	64	29	9	11	16	0.172	0.031
Catuaf	Total	12.457	259	174	215	30	34	33	1.787	0.107
Catuaf	*Frutos (46.0 fan/ha)	3.799	99	57	25	7	11	13	0.229	0.022
C.R.-95	*Frutos (100 fan/ha)	8.256	219	119	54	17	20	30	0.319	0.057
Catuaf	*Frutos (100 fan/ha)	8.256	215	124	54	15	24	28	0.498	0.048
Ambito de respuesta (kg/ha)			100	200		40	50		10	
			a	a		a	a		a	
			150	300		80	75		20	

\*1 Fan = 258 kg cereza = 82.56 kg P.S.

Al analizar el potasio puede apreciarse que una recomendación de fertilización con base a niveles de respuesta de 100 a 150 kg K<sub>2</sub>O/ha sería muy baja para compensar la extracción total que de este nutriente presentaron ambos cultivares, pero en teoría permitiría cubrir gran parte de las necesidades requeridas por los frutos, evitándose con ello una pérdida neta de K dentro del agroecosistema cafetalero; mientras que por el contrario el utilizar las mismas dosis de fertilización con una producción de 100 fan/ha implicaría una fuerte pérdida del nutriente ya que se estará muy lejos de compensar el K retirado en la cosecha.

Los niveles de respuesta a la aplicación de potasio que se han obtenido en nuestro país, pueden con-

siderarse moderados para plantaciones tecnificadas de alta producción ya que estaría lejos de compensar la fuerte extracción de potasio por los frutos; además parecieran indicar un buen contenido y alta capacidad de restitución de este elemento de los suelos con fuerte influencia de cenizas volcánicas en donde se han llevado a cabo la mayoría de los trabajos experimentales.

No obstante, el empleo cada vez mayor de altas densidades de siembras y cultivares de gran capacidad de producción, podrían conducir a un paulatino empobrecimiento del suelo de no equilibrarse la fertilización potásica con la extracción que de este nutriente es exportada del sistema, siendo este riesgo aun mayor en regiones cafetaleras de

nuestro país con suelos pobres en potasio y de muy baja CIC como los ultisoles y andisoles de la zona sur de nuestro país.

Al contrario de lo sucedido con el K, en el caso de nitrógeno, magnesio y fósforo; los niveles de respuesta son similares o superiores a las extracciones totales obtenidas en el presente estudio. De estos nutrientes, el nitrógeno es reconocido tradicionalmente como el elemento de mayor impacto sobre la producción del cultivo de café y su relativamente elevado nivel de respuesta (200-300 kg N/ha) puede explicarse por la baja capacidad que en general poseen los suelos agrícolas para suministrar este nutriente en los niveles requeridos por plantaciones de café de alta producción, a lo que debe sumarse la facilidad con que el nitrógeno del fertilizante se pierde del suelo por percolación o evaporación, dada la escasa capacidad de retención de amonio y nitratos que poseen.

Considerando que el poder de restitución de nitrógeno por parte del suelo, es mucho menor al de potasio; pareciera razonable que en las prácticas de fertilización deba contemplarse la extracción total de este elemento y no solamente lo requerido por la cosecha.

Normalmente la respuesta del café a las aplicaciones de fósforo son moderadas y limitadas a suelos con bajos contenidos de este elemen-

to, en donde los niveles de respuesta productiva se han ubicado entre los 50 y 75 kg  $P_2O_5$ /ha. En el presente estudio la extracción de fósforo por los frutos en ambos cultivares fue de 11 kg  $P_2O_5$ /ha por lo que parece que con niveles de producción del orden de 50 fan/ha una recomendación basada en los niveles de respuesta permitiría satisfacer la demanda nutricional por parte de los frutos, aún considerado los problemas de fijación propio de los suelos; e inclusive cabría esperar un acúmulo de P en el suelo.

En relación al magnesio, en nuestro país es común que se exprese preocupación por los niveles de K utilizados en las "Formulas completas", en el sentido de que elevadas dosis de este elemento puedan causar desbalances en el suelo entre los elementos potasio y magnesio; lo que podrían llegar a perjudicar la absorción de este último nutriente por la planta; no obstante este temor no parece justificarse con el empleo de las fórmulas completas tradicionales (Ej: 18-5-15-6-2, 18-3-10-8-1.2 o 15-3-22-6-2) ya que en ellas la relación  $K_2O/MgO$  varía entre 2.5 y 3.7 mientras que de acuerdo a los datos aquí obtenidos el promedio de ambos cultivares para la misma relación arroja un coeficiente de 5.6 al considerarse la extracción total; subiendo a 7.6 de tomarse únicamente lo consumido por los frutos. En

otras palabras, los desbalances al aplicar las Fórmulas Completas serían en contra del K y no del Mg. No obstante es claro que este tema es complejo debiéndose considerar entre otros aspectos la naturaleza del suelo, las fuentes de fertilizante utilizados y su capacidad para ser absorbidas por la planta.

### BIBLIOGRAFIA

- CATANI, R.A. *et al*, 1965. A absorcao de nitrogenio, fósforo, potassio, calcio, magnesio o enxofre pelo cafeeiro, *Coffea arabica*, variedade mundo novo, aos dez anos de idade. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 22: pp 81-93.
- CARVAJAL, J.F. 1959. Nutrición mineral del cafeto. Requerimiento de la cosecha Proyecto 30, STICA. Costa Rica. 16 p.
- CORREA, J.B.; A.W.R. GARCIA and P.C. COSTA. 1986. Extracao de nutrientes pelos cafeeiros Mundo Novo e Catuaí. Resumos 13º Congreso Brasileiro de Pesquisas cafeeiras. IBC. Brasil. P 35-41.
- CHAVES, V., 1999. Manejo de la fertilización en café. In XI Congreso Nacional Agronómico y de recursos naturales. Memoria III Congreso Nacional de Suelos-San José Costa Rica. pp 163-173.
- GARCIA, A.W.R. 1980 Retirada de nutrientes pela producao do cafeeiro, cultivares Mundo Novo, Catuaí e Catimor. In Resumos 8vo. Congreso Brasileiro de Pesquisas Caffeiras. IBC. Brasil. p 3-6.
- MORAES, F.R.P., CATANI, R.A. 1964. A absorcao de elementos mineraes pelo fruto do cafeeiro durante sua formacao. Bragantia (Campinas), 23:331-336
- SEGURA, A., 1992. Extracción de nutrientes por los frutos del café durante su desarrollo. In. Informe anual de labores, 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Costa Rica. pp 25-27, 60-63, 64-66.





## ESTUDIO DE DOSIS CRECIENTES DE FERTILIZACIÓN EN CATIMORES

Ronny Alfaro Araya<sup>1</sup>

### RESUMEN

En la finca La Espiga ubicada en El Rosario de Naranjo, Alajuela-Costa Rica se evaluaron cuatro niveles de fórmula completa por hectárea (300, 600, 900 y 1200 kg) con dos Catimores (C.R.-95 Y T-5175) y un solo nivel de fórmula completa por hectárea (700 kg) con el Caturra y Catuaí, establecidos con sombra de *Inga* sp.

Se encontraron diferencias significativas para todos los niveles de fertilización con los catimores respecto al Caturra y Catuaí. La mayor producción se obtiene con el cultivar C.R.95 a 900 kg/ha de fórmula completa + 200 kg/ha de Nitrato de Amonio (33%). Los tratamientos con menor producción son el Caturra y Catuaí a 700 kg/ha de fórmula completa + 250 kg/ha de Nitrato de Amonio. Entre los catimores no se establecen diferencias significativas en las dosis de 600,900 y 1200 kg/ha de fórmula completa.

**Palabras clave:** Café, catimores, fertilización.

### INTRODUCCIÓN

El cultivo del café, presenta gran adaptabilidad a diferentes condiciones de suelo, esperando siempre las mejores respuestas en suelos de una acidez moderada (pH=5-6.5) a altos contenidos de materia orgánica (mayor a 5%), con bue-

nos porcentajes de saturación de bases, adecuados contenidos de macro y micronutrientes y ausencia de elementos en niveles tóxicos. Todo esto acompañado de texturas medias (Francas a Franco-arcillosas) que junto a buenas condiciones estructurales favorezcan un apropiado balance entre el

---

<sup>1</sup> Ingeniero Agrónomo Investigador ICAFE

drenaje del suelo y su capacidad de retención de agua, (ICAFE 1998). Indiscutiblemente, la fertilización es una de los factores de producción de mayor importancia para mantener o mejorar la productividad de una finca, debido a esto y considerando el alto precio de los fertilizantes, es conveniente que el caficultor realice una efectiva y económica fertilización del cultivo del café de acuerdo a las necesidades o requerimientos por parte de las variedades con las cantidades a aplicar por plantas o por área en forma más precisa. (ANACAFÉ, 1987)

## MATERIALES Y METODOS

### Localización del estudio:

El experimento se realiza en la finca La Espiga, ubicada en el distrito El Rosario, Cantón de Naranjo, provincia de Alajuela, a una elevación de 850 msnm, con precipitación anual promedio de 2600 mm, temperatura promedio de 24 °C y un suelo que corresponde a Typic Dystrandept. La plantación está conformada por los cultivares Catimor T-5175, Catimor C.R.95, Caturra y Catuaí establecida en 1993, con distancias de siembra de 1,90 m entre hileras y 0,90 m entre plantas para el T-5175 y Catuaí, a 1,70 m entre hileras y 0,84 entre plantas para el CR.-95 y Caturra;

formadas a 2 ejes ortotrópicos con sombra de Inga sp separando tratamientos y manejo es poda sistemática a 3 años. El Caturra y Catuaí funcionan como testigos.

### Diseño Experimental:

Se utiliza un diseño de bloques completos al azar con arreglo de parcelas divididas, con diez tratamientos y cuatro repeticiones. Los resultados fueron sometidos a la prueba de Duncan con una probabilidad de del 5%.

**Cuadro1.** Descripción de tratamientos del experimento "Estudio de Dosis Crecientes de Fertilización en Catimores".

Tratamiento	Fertilización	
	kg/FC/ha*	kg/N/ha**
1-T-5175	300	300
2-T-5175	600	250
3-T-5175	900	200
4-T-5175	1200	150
5-C.R. - 95	300	300
6-C.R. - 95	600	250
7-C.R. - 95	900	200
8-C.R. - 95	1200	150
9-Catuaí	700	250
10-Caturra	700	250

\*FC=18-5-15-6-2, Dividido en 2 épocas (Mayo-Agosto)  
\*\*N=Nitrato de Amonio (Octubre)

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las mejores producciones se obtienen con el C.R.95 a 900 kg/FC/ha como el tratamiento más destacado, seguido sin mostrar diferencias

significativas del T-5175 a un nivel de fertilización de 600 kg de fórmula por hectárea y con el mismo comportamiento del C.R.-95 en el nivel de 1200 kg/ha, (Cuadro 2). Con las más bajas producciones se

presentan el Caturra y Catuaí al nivel ambos de 700 kg/ha, las cuales muestran diferencias significativas con los demás tratamientos (Cuadro 2).

**Cuadro 2.** El efecto de la dosis de fertilización sobre la producción de café cereza. Alajuela, Costa Rica. (Promedio de seis períodos de cosecha).

No. Tratamiento	Fertilización (kg/ha)*	Producción (kg/ha)	Efecto
7	900	54,9	A
2	600	52,6	AB
8	1200	52,4	AB
4	1200	51,6	AB
3	900	48,5	ABC
5	300	48,2	ABC
6	600	47,3	ABC
1	300	42,8	BC
9	700	37,4	C
10	700	37,4	C

cv:16%

\*Fórmula completa

En la separación de efectos el cultivar C.R.-95 es ligeramente más productor que el T-5175 no se establecen diferencias significativas entre ambos cultivares. (Cuadro 3). En el efecto de la dosis de fertilización es completamente lineal, o sea que la productividad se aumenta conforme se aumenta el nivel de fertilización aunque tampoco se

establecen diferencias significativas entre los cuatro niveles. (Cuadro 4)

**Cuadro 3.** El efecto del cultivar sobre la producción de café cereza. Alajuela Costa Rica.

Cultivar	Producción (Fan/ha)
C.R.-95	50,7
T-5175	48,0

**Cuadro 4.** Efecto de la dosis sobre la producción de café cereza. Alajuela, Costa Rica.

Dosis	Producción (Fan/ha)
1200	52,1
900	51,7
600	49,9
300	45,5

Es evidente la diferencia productiva que se establece entre los catimores y las variedades comerciales actuales, efecto que se empezó a marcar desde el inicio del experimento en donde estos mostraban mayor precocidad y mayor adaptabilidad a las condiciones del experimento.

En el cuadro 5 se presentan los resultados de una evaluación que se realizó en 1996 sobre las anomalías del fruto, considerando para la evaluación solamente la variedad por un muestreo compuesto de los diferentes niveles de fertilización. El mayor porcentaje de “granos normales” la presentó el CR-95 y menos cantidad para el Caturra. Con respecto al grano caracol fue mayor en el Catuaí y menor en el C.R.-95, el grano triángulo fue mayor en el Caturra y menor en el C.R.-95 y finalmente el grano monstruo el mayor porcentaje fue para el T-5175 y en menor porcentaje para el C.R.-95.

**Cuadro 5.** Registro de porcentaje de anomalías del fruto del café en Catimor, cultivares comerciales. Alajuela, C.R. 1996.

Genotipo	Unidad	Normales	Vano	Caracol	Triángulo	Monstruo
Caturra	100	66	4	13	5	12
C.R.-95	100	70	10	10	1	9
Catuaí	100	58	6	20	4	12
T-5175	100	63	9	13	2	13

Mediante los datos del análisis de suelo y su comportamiento para los efectos de las dosis utilizadas en el experimento, se encontró que para el **K** los valores van en aumento conforme se aumenta la dosis de fórmula completa, para el **Ca** el valor más alto lo tiene el nivel de 900 kg de FC, siendo el nivel más bajo de K el de 600 kg de FC. El nivel de 1200 kg de FC es el que

aporta la mayor cantidad de Magnesio muy acorde con la mayor cosecha por niveles similar en el caso del K.

Para el P el nivel de 900 kg de FC es el que aporta mayor cantidad de este elemento y en menor cantidad el nivel más bajo de fertilización muy relacionado con la producción (Cuadro 6).

**Cuadro 6.** Análisis de suelo para la dosis de fertilización en Catimores, Alajuela C.R. 1999.

Tratamiento kg/ha/FC	K	Ca	Mg	(mg/L)
	(cmol/L)			P
300	0,12	3,8	0,83	6,83
600	0,13	3,6	0,82	8,19
900	0,18	4,1	0,85	9,28
1200	0,26	3,8	0,94	7,39

Con respecto al análisis de suelo para el efecto de cultivar se puede apreciar en el cuadro 7, que los niveles más altos de K los presenta el C.R.-95 muy relacionado con la mayor productividad hasta el momento. El Ca y P se muestra en mayor cantidad en el T-5175, mientras que el Catuaí para ambos elementos tiene los valores más bajos y a la vez este cultivar es el más bajo en producción junto con el Caturra y también los que presentan la mayor cantidad de Mg en el suelo.

**Cuadro 7.** Análisis de suelo para el cultivar. Alajuela. Costa Rica. 1999.

Tratamiento	K	Ca	Mg	(mg/L)
	(cmol/L)			P
T-5175	0,17	4,1	0,87	8,8
C.R. 95	0,18	3,7	0,87	7,9
Catuaí	0,10	4,0	0,90	8,7
Caturra	0,12	3,6	0,99	5,8

## CONCLUSIONES

Se encontraron diferencias significativas entre tratamientos. La mayor producción se obtiene con el cultivar C.R.-95 a 900 kg de Fórmula Completa.

El T-5175 a 600 kg F.C./ha y el C.R.-95 a 600 y 1200 kg/ha ocupan una segunda posición en producción.

Los niveles de 300 kg de fórmula completa en ambos catimores muestran las penúltimas posiciones.

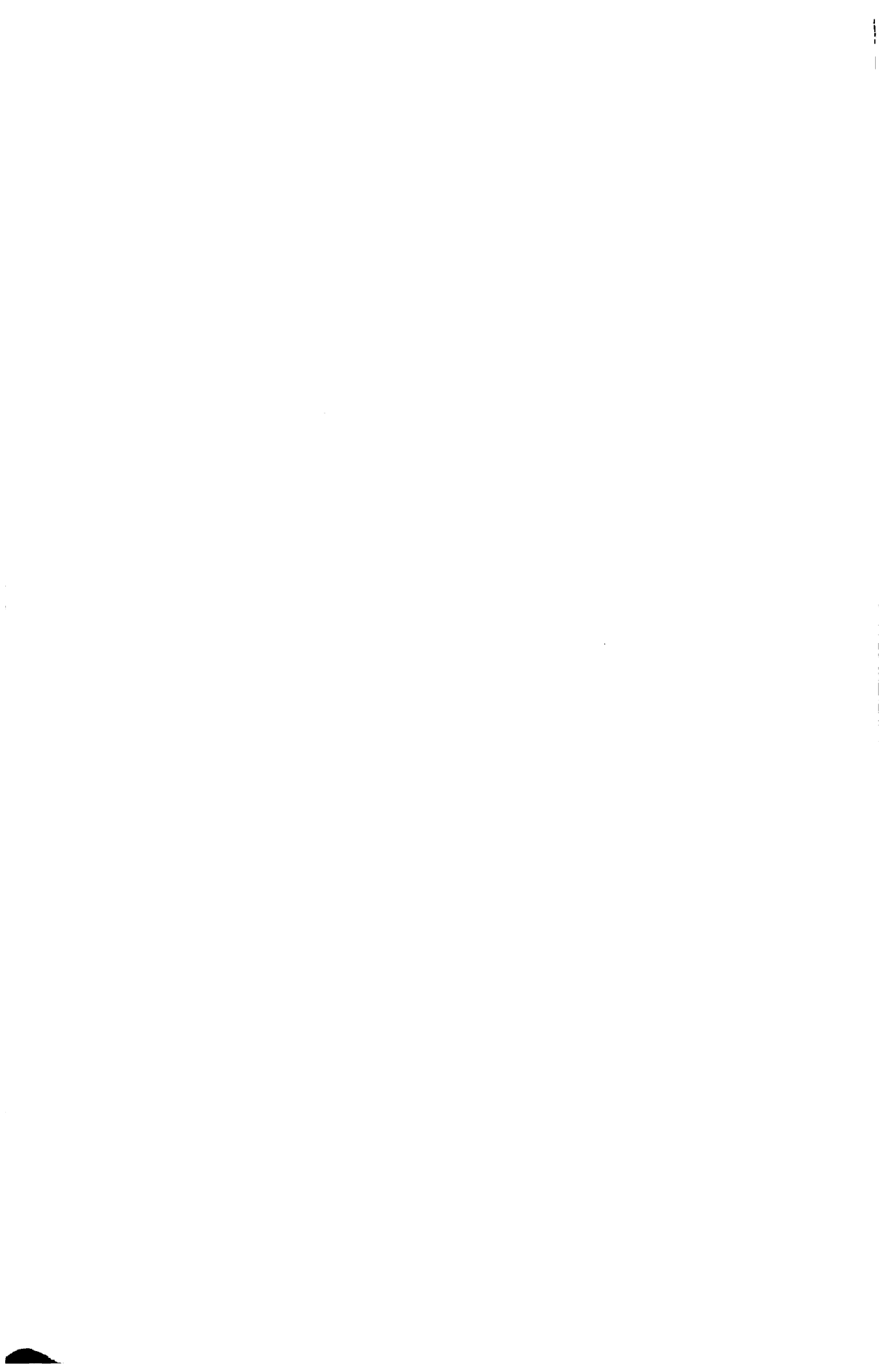
El Caturra y Catuaí en un único nivel de fertilización 700 kg/ha de Fórmula Completa son los de más bajas producciones.

No se encontraron diferencias significativas entre los dos catimores al separar efectos.

Tampoco se determinaron diferencias significativas entre los niveles de fertilización, aunque si se establece mayor producción conforme aumenta la dosis.

## BIBLIOGRAFÍA

- ICAFÉ, 1998. Manual de Recomendaciones para el Cultivo del Café, San José, C.R. 116 p.
- ICAFÉ, 1998. Informe Anual de Labores 1999 San José, C.R. 110-112 p.
- ANACAFÉ, 1987. Manual de Caficultura Guatemala. 51p.



## CRECIMIENTO DE ALMÁCIGO DE CAFÉ CON ABONO TIPO BOCASHI Y ABONO VERDE DE *ERYTHRINA POEPPIGIANA*<sup>1</sup>

Ana C. Romero<sup>2</sup>,  
Francisco Jiménez<sup>3</sup>,  
Reinhold Muschler<sup>4</sup>

### RESUMEN

Se evaluó el efecto de abonos orgánicos sobre la altura, el vigor y la producción de materia seca en un almácigo orgánico de *Coffea arabica*, cv. Caturra, bajo 50% de sombra y a plena exposición solar. Los tratamientos fueron: bocashi receta original, bocashi sustituyendo semolina de arroz por alimento para ganado, bocashi sustituyendo la granza de arroz por cascarilla de café en tres proporciones volumétricas de mezcla del bocashi y el suelo (3:1, 1:1 y 1:3), tres niveles de biomasa fresca de *Erythrina poeppigiana* (poró) equivalentes a 200, 400 y 600 kg N ha<sup>-1</sup>, manejo convencional (fertilización química y uso de agroquímicos) y control absoluto (suelo). El crecimiento y desarrollo de las plantas fue mejor bajo 50% de sombra que a plena exposición solar. Bajo 50% de sombra no hubo diferencias significativas para ninguna de las variables entre el uso únicamente de bocashi (proporciones abono: suelo 1:3 ó 1:1) y el manejo convencional. El menor crecimiento de las plantas se presentó en los tratamientos con biomasa fresca de poró, por lo cual se sugiere estudiar este material compostándolo antes de utilizarlo como abono orgánico. Para la preparación de abono tipo bocashi se puede sustituir la granza de arroz por cascarilla de café que es más disponible. La sustitución de la semolina de arroz por alimento para ganado debe estudiarse con más detalle.

**Palabras clave:** café orgánico, bocashi, poró, sombra.

---

<sup>1</sup> Basado en Romero, A. C. 1999. Producción de almácigo de café con abonos orgánicos. Tesis M. Sc., CATIE, Costa Rica.

<sup>2</sup> M. Sc. en Agroforestería Tropical, CATIE, Turrialba, Costa Rica. 1999.

<sup>3</sup> Profesor Investigador, CATIE. Email: fjimenez@catie.ac.cr

<sup>4</sup> Profesor Investigador, CATIE. Email: muschler@catie.ac.cr

## ABSTRACT

The study reports the effects of organic fertilizers on height, vigor and biomass production of 6-month-old plants of *Coffea arabica* cv. Caturra grown with and without 50% shade. The treatments were: bocashi according to its original formula; bocashi with cattle concentrate instead of rice peelings; bocashi with coffee parchment instead of rice hulls (with the proportions bocashi:suelo 3:1, 1:1 and 1:3); three levels of fresh green manure of *Erythrina poeppigiana* equivalent to 200, 400 and 600 kg N ha<sup>-1</sup>; conventional management (synthetic fertilizers and agrochemicals), and an absolute control (soil only). The plants under 50% shade grew better than those without shade. Under 50% shade, none of the parameters differed between the 1:3 and 1:1 treatments of bocashi and conventional management. The treatments with *Erythrina* leaves showed the weakest growth of all treatments, suggesting that the material may have to be composted prior to use as an organic fertilizer. When using bocashi, rice hulls may be substituted by the more readily-available coffee parchment. Substituting rice peelings by cattle concentrate, however, requires more detailed study in the future.

## INTRODUCCIÓN

La demanda de productos orgánicos ha creado nuevas oportunidades de exportación para los países en desarrollo (FAO 1999). En la década de los noventa, el consumo de café ecológico en el mercado mundial aumentó fuertemente (Boyce *et al.* 1994). Sin embargo, existen limitaciones tecnológicas para el manejo del cultivo del café orgánico. Uno de los aspectos claves es la sustitución de fertilizantes químicos por abonos orgánicos para reducir la dependencia de insumos externos de altos costos económicos y ambientales. La producción de almácigos de buena calidad es crítico para el éxito de la plantación futura de café (Rodríguez 1990). La importancia de la sombra para cafetales establecidos fue descrita por Muschler (1997). El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos de abono tipo bocashi y abono verde de *E. poeppigiana* en la producción de almácigo de café en condiciones de plena exposición solar y 50% de sombra.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el área experimental Cabiria del Centro



Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica (9 ° 53' Latitud Norte y 83° 39' Longitud Oeste; 602 msnm; temperatura media de 21.7; humedad relativa promedio de 87%; precipitación media anual de 2640 mm), entre enero y agosto de 1999.

A los dos meses después de sembrar el semillero, se transplantaron plántulas de café cultivar Caturra a bolsas de polietileno de 2 litros de capacidad que contenían suelo según los diferentes tratamientos. Las plantas se ubicaron en dos niveles de iluminación: plena exposición solar y 50% de sombra artificial utilizando sarán. La evaluación final del crecimiento del almácigo se realizó a los seis meses de establecido el vivero. Se utilizaron los siguientes tratamientos: bocashi basado en la receta original de Sasaki (1994) en la proporción volumétrica sustrato-suelo 1:3, bocashi en el que se sustituyó granza de arroz por cascarrilla de café en tres proporciones volumétricas de mezcla bocashi-suelo (1:3, 1:1, 3:1), bocashi en el que se sustituyó la semolina de arroz por concentrado para ganado en la proporción sustrato-suelo 1:3, biomasa fresca de *Erythrina poeppigiana* equivalente a 200, 400 y 600 kg de N ha<sup>-1</sup> y los tratamientos control (solo suelo) y manejo convencional (suelo +

fertilización química y uso de agroquímicos). Se utilizó el diseño de bloques completos al azar en parcelas divididas, con cuatro repeticiones. En las parcelas grandes se asignaron aleatoriamente los niveles del factor «A» (0 y 50% de sombra). Los nueve niveles de factor «B» (sustratos) se asignaron aleatoriamente a las subparcelas dentro de cada parcela grande. En total se tuvieron 72 subparcelas. La unidad experimental consistió de 10 bolsas con dos plantas por bolsa. Las variables evaluadas fueron la altura de planta, la producción de materia seca y vigor de las plantas. El vigor se evaluó mediante un índice basado en una escala de 1-5, donde un índice de 1 corresponde a plantas de poco desarrollo y el índice 5 a plantas sanas, vigorosas, de buen desarrollo, sin defoliación y sin síntomas visibles de deficiencia. Los índices 2, 3 y 4 fueron estados intermedios entre estos dos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Altura de las plantas

Los efectos de los sustratos, nivel de iluminación y la interacción de ambos factores fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.001$ ). Las plantas bajo sombra fueron más altas que las que crecieron en plena exposición solar (Cuadro 1), ex-

cepto para los tratamientos con biomasa fresca de poró 200 y 400 kg N ha<sup>-1</sup>, para los cuales no hubo diferencias significativas entre las condiciones de iluminación. Bajo sombra, los mejores tratamientos fueron bocashi original, bocashi con cascarilla de café en las proporciones bocashi-suelo 1:3 y 1:1, que fueron estadísticamente iguales al tratamiento de manejo convencional. En plena exposición solar, la mayor altura de plantas se obtuvo con el tratamiento convencional seguido de los tratamientos bocashi original y el control. En ambas condiciones de iluminación, el menor crecimiento en altura se presentó con los tratamientos con biomasa fresca de poró. La variación de la proporción de mezcla volumétrica bocashi-suelo de 1:3 a 1:1 no afectó la altura de la planta. Sin embargo, cuando dicha proporción se aumentó a 3:1, el crecimiento disminuyó significativamente bajo sombra y la mayoría de las plantas murieron en plena exposición solar. La sustitución de granza de arroz por cascarilla de café o de semolina de arroz por concentrado para ganado como ingredientes del bocashi redujeron significativamente la altura de las plantas en plena exposición solar; resultados similares se obtuvieron bajo la condición de sombra al sustituir la semolina por concentrado para ganado.

### **Vigor de las plantas**

Los efectos de los sustratos, nivel de iluminación y la interacción de ambos factores fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.001$ ). Las plantas bajo sombra tuvieron mayores índices de vigor que las que crecieron a plena exposición solar (Cuadro 1), aunque las diferencias fueron estadísticamente significativas solamente para los tratamientos con bocashi y poró 600 kg N ha<sup>-1</sup>. Bajo sombra, los mayores índices de vigor se observaron en los tratamientos de bocashi, manejo convencional y el control; los tratamientos de menor vigor fueron los de biomasa fresca de poró. A plena exposición solar, las plantas con mayor índice de vigor correspondieron a los tratamientos manejo convencional y el testigo y las de menor a los tratamientos de biomasa fresca de poró. La variación en la proporción de bocashi-suelo de 1:3 a 1:1 no afectó el vigor de la planta. Sin embargo, cuando dicha proporción se aumentó a 3:1, el vigor disminuyó significativamente bajo sombra mientras que en sol la mayoría de las plantas murieron. Bajo sombra, al sustituir en el bocashi original la semolina por alimento para ganado o la granza de arroz por cascarilla de café, no se encontraron diferencias significativas en el vigor de las plantas, pero a plena exposición solar, las

plantas tuvieron menor vigor cuando se modificó la composición del bocashi original.

**Materia seca de las plantas**

Los efectos de sustratos, nivel de iluminación y la interacción de ambos factores fueron estadísticamente significativos ( $p < 0.001$ ). Las plantas bajo sombra tuvieron mayor producción de materia seca que las que crecieron a plena exposición solar (Cuadro 1), aunque las diferencias fueron estadísticamente significativas solamente para los tratamientos con bocashi y convencional. Bajo sombra, los mayores valores de peso seco de las plantas se observaron en los tratamientos de bocashi y manejo convencional. Los tratamientos con menor peso seco de plantas fueron los de biomasa fresca de poró. A plena expo-

sición solar, las plantas con mayor peso seco correspondieron a los tratamientos manejo convencional, bocashi original y bocashi con cascarilla de café proporción 1:3 y las de menor a los tratamientos de biomasa fresca de poró. Bajo sombra, no se observaron diferencias en peso seco de las plantas entre los tratamientos con diferentes proporciones de mezcla bocashi y suelo, pero a plena exposición solar las plantas que crecieron en el sustrato con proporción de mezcla 1:3 tuvieron mayor peso seco. En ambas condiciones de iluminación, la sustitución de granza de arroz por cascarilla de café en el bocashi original no afectó el peso seco de las plantas, pero el reemplazo de semolina de arroz por alimento para ganado redujo significativamente esta variable.

**Cuadro 1.** Altura, vigor y peso seco de plantas de café cultivar Caturra en la etapa de vivero, bajo sombra de 50% y a plena exposición solar, creciendo en diferentes sustratos.

	Tratamientos		Vigor		Materia seca (g planta <sup>-1</sup> )		Sombra
	Altura (cm)		Sombra	Sol	Sombra	Sol	
Sol	Sombra	Sol	Sombra	Sol			
Bocashi original	24.1bcde	18.3 b	3.76 bc	2.89 bcd	12.6 a	7.8 abc	
Bocashi cascarilla café 1:3	25.0 bc	15.7 cdef	3.84 abc	2.29 ef	13.0 a	6.3 abcd	
Bocashi cascarilla café 1:1	25.4 abc	14.1 efg	3.79 bc	2.11 efg	13.2 a	2.6 ef	
Bocashi cascarilla café 3:1	20.0 g	*	3.07 d	*	11.5 abc	*	
Bocashi alimento de ganado	22.2 efg	14.2 efg	3.85 abc	2.39 def	9.4 bcde	3.9 def	
Poró 200 kg N ha <sup>-1</sup>	13.3 h	12.1gh	2.42 e	2.03 fg	2.3 f	2.0 f	
Poró 400 kg N ha <sup>-1</sup>	15.3 h	13.5 fgh	2.68 de	2.35 ef	3.3 f	2.7 f	
Poró 600 kg N ha <sup>-1</sup>	13.7 h	11.0 h	2.52 e	1.97 fg	3.1 f	2.7 f	
Manejo convencional	25.0 bcd	20.8 a	3.88 abc	3.65 a	13.8 a	7.9 abc	
Suelo (control)	21.4 fg	18.0 bc	3.84 abc	3.35 ab	6.7 e	5.9 bcde	
Iluminación	**		**		**		
Tratamiento x Iluminación	**		**		**		

\*Las plantas murieron. Valores con la misma letra dentro de cada columna no difieren estadísticamente según la prueba LSMEAN ( $p < 0.05$ ).

\*\* Diferencia estadística altamente significativa.

Los tratamientos con los menores valores de altura, vigor y materia seca fueron los de biomasa fresca de poró. Este comportamiento podría deberse a un exceso de nitrógeno en la biomasa fresca que puede causar de toxicidad de amoníaco (Aranda, 1995). Al inicio del experimento se percibió olor a amoníaco en los tratamientos con este sustrato; es posible que el poró tenga una liberación muy rápida de este tipo de nitrógeno que afecta el buen desarrollo de las plantas de café. Mendoza y López (1999) explican que cuando se utiliza material orgánico con exceso de nitrógeno, los microorganismos que procesan el sustrato liberan hacia la atmósfera una parte del nitrógeno en forma de amoníaco. Se sugiere compostar la biomasa fresca de poró antes de utilizarla como abono orgánico para almácigo de café.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El crecimiento y desarrollo de las plantas expresado a través de la altura, vigor y producción de materia seca de las plantas café fue mejor bajo 50% de sombrero que a plena exposición solar. Bajo 50% de sombra no hubo diferencias significativas para ninguna de las variables entre el uso únicamente

de bocashi (proporciones abono: suelo 1:3 ó 1:1) con respecto al manejo convencional de los viveros (fertilización química y uso de pesticidas), lo que indica que este tipo de abono orgánico puede sustituir el uso de agroquímicos y permitir la producción de almácigo de café orgánico. La biomasa fresca de poró usado como abono verde redujo el crecimiento de las plantas de café con respecto a los restantes tratamientos, por lo cual se sugiere estudiar el manejo apropiado de este material compostándolo antes de utilizarlo. Para la preparación de abono tipo bocashi para almácigo de café se puede sustituir la granza de arroz por cascarilla de café sin afectar la calidad del abono ni su efecto favorable sobre las plantas. La sustitución de la semolina de arroz por alimento para ganado debe estudiarse más a profundidad ya que los resultados no mostraron tendencias claras.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aranda, D. 1995. Lombricompostaje de residuos orgánicos. *In:* Curso Taller sobre Agricultura Orgánica. Memoria. Xalapa, Veracruz, Universidad Veracruzana, México. p 69-79.
- FAO. 1999. Agricultura orgánica. Roma, Comité de Agricul-

- tura. 15° periodo de sesiones (25-29 de enero, 1999). 47 p.
- Mendoza, A; López, E. 1999. Manual de caficultura orgánica. Guatemala, ANA-CAFE. 157 p.
- Muschler, R. 1997. Sombra o sol para un cafetal sostenible: un nuevo enfoque de una vieja discusión. *In*: Simposio Latinoamericano de caficultura. Memorias. San José, Costa Rica, IICA. p. 471-475.
- Rodríguez, O. 1990. Evaluación de programas de fertilización de almacigales de café en el cantón de Pérez Zeledón. San José, Costa Rica. ICAFE. Boletín Técnico 53 (1): 1
- Sasaki, S. 1994. Manual del curso básico de agricultura orgánica. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica. p. 4-21.
- Vargas, R; Laprade, S.; Barquero, M. 1996. Consideraciones básicas sobre la biotransformación (composteo) de residuos orgánicos. Corbana (Costa Rica) 21:163-171.



## **VARIACIÓN ESTACIONAL DE LOS CONTENIDOS MINERALES FOLIARES EN CUATRO CULTIVARES DE CAFÉ.**

*Juan José Obando Jiménez.<sup>1</sup>  
Víctor Chaves Arias.<sup>1</sup>*

### **RESUMEN**

En el presente trabajo se muestran los resultados de 23 meses de evaluación (marzo 1998 a enero 2000) de las concentraciones de los elementos: N, K, Ca y Mg, en los cultivares, Caturra, Catuaí, CR-95 y T-5175; obtenidos en muestreos mensuales de una plantación ubicada en Barbacoas de Puriscal. Luego de analizados los datos obtenidos se observaron similitudes en el patrón de las curvas de los elementos N y K que en gran medida fueron inversos a los presentados por el Ca y Mg. No se encontraron diferencias entre variedades en el patrón de las curvas de un mismo elemento, pero sí en la magnitud de los valores, destacándose el T-5175 por presentar en la mayoría de las mediciones, los niveles mayores para los elementos Ca y Mg así como los menores de K.

**Palabras clave:** Café, nitrógeno, calcio, potasio, magnesio, variación estacional foliar.

### **INTRODUCCIÓN**

Este trabajo tiene como objetivo obtener información sobre la variación estacional de los elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Fe, Cu, B, Zn en parcelas de alta producción de dos variedades tradicionales (Caturra y Catuaí) y

dos catimores ( T-5175 y Costa Rica 95).

En este campo, con anterioridad se han realizado valiosos trabajos, sin embargo en algunos casos comprenden sólo limitados elementos (Chinchilla, 1973; Marvaez, 1972)

---

<sup>1</sup> Ingenieros Agrónomos Investigadores ICAFE

o se efectuaron sobre variedades poco utilizadas en la actualidad (Chaverri et al, 1957).

El ensayo se desarrolló en un período comprendido entre marzo de 1998 y febrero de 1999.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se localizó en Barbacoas de Puriscal, a una altitud de 1000 msnm., con una precipitación promedio de 2200 mm, una temperatura promedio anual de 22 °C y en un suelo del orden Alfisol, suborden ustals.

Las parcelas se ubicaron sobre un experimento de variedades sembrado en junio de 1993 con los cultivares: Caturra, Catuaí, los catimores T-5175 y la variedad Costa Rica 95. Cada material genético se localizó en lotes contiguos de aproximadamente 500 m<sup>2</sup>, sembrados de Caturra y la variedad Costa Rica 95 a 1.68 m x 0.84 m, mientras que el Catuaí y el T-5175 se establecieron a 1.90 m x 0.90 m; en todos los casos a dos ejes por punto de siembra.

El experimento se manejó bajo sombra regulada de Poró (*Erythrina poeppigiana*); en enero de 1997 la plantación fue sometida a poda por lote, por lo que al iniciar el ensayo las plantas se preparaban para la primera cosecha posterior a la poda.

La fertilización se realizó con 700 kg/ha de fórmula completa (15-3-22-6-1.2) distribuido en dos épocas al año (Mayo y Agosto), más una extra de nitrógeno a finales del invierno a completar 250 kg/ha.

Los tratamientos consistieron en la evaluación periódica de las concentraciones foliares de los elementos N, P, K, Ca, Mg, S, B, Mn, Fe, Cu, B, Zn, en cada uno de los cuatro cultivares. Para la obtención de la muestra, cada lote se dividió en cuatro sublotes, en cada uno de los cuales se recolectaron mensualmente 20 hojas, tomada del tercer par dentro de bandolas productivas, ubicadas en el tercio medio de las plantas.

Las muestras fueron analizadas en el Laboratorio del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica, en donde con base en las metodologías de rutina (Briceño y Pacheco, 1984) se determina las concentraciones totales de los elementos.

## RESULTADOS

### Nitrógeno

La curva (figura 1) de este elemento se caracteriza por presentar un claro descenso en la medición de abril de 1998 con respecto al mes anterior. Tomando en consideración la alta movilidad de este elemento, el descenso podría expli-



carse por un traslado del nitrógeno hacia los pequeños frutos en crecimiento, producto de la antesis floral que se presentó a mediados de marzo. En el año 1999 se presentó un ligero ascenso en el mismo período, aquí se puede indicar que la floración fue más dispareja y un poco más tardía.

En el mes de mayo en ambos años se presentó un incremento en la concentración del elemento en cada una de los cultivares en estudio, lo cual puede tener explicación en una mayor disponibilidad de los elementos como consecuencia del establecimiento del período lluvioso, debiéndose considerar también el efecto de la primera fertilización, la cual se realizó a inicios de mayo. Las mediciones de julio a octubre en los dos años evaluados, marcan una tendencia hacia la baja en la concentración foliar lo que podría explicarse como una dilución del nitrógeno disponible para la planta, entre una masa foliar en aumento y la demanda de los frutos en crecimiento.

Los descensos más bruscos se presentaron en las mediciones de junio y octubre, en el primer caso probablemente como consecuencia del explosivo crecimiento vegetativo, producto de la reactivación del

período lluvioso y en el segundo ya sea por un aumento en el drenaje de nitrógeno hacia los frutos o como consecuencia de las fuertes lluvias de estos meses, con el consecuente empobrecimiento de la solución del suelo a causa de la lixiviación de nutrientes.

A partir del mes de octubre se observa una tendencia hacia mayores concentraciones, lo cual podría atribuirse a la tercera fertilización basándose en nitrógeno, realizada a inicios de ese mes.

Con relación a los cultivares, debe mencionarse que las curvas obtenidas durante los dos períodos de evaluación, presentan un patrón muy similar, y con relación a las concentraciones si bien presentaron diferencias puntuales, estos fueron erráticos por lo que no es factible diferenciar en este aspecto a los cultivares.

En general se puede indicar que los valores de las concentraciones de los elementos, fueron menores en el año 1999 con relación a las concentraciones en 1998, lo que se podría explicar por un mayor grado de agotamiento de las plantas que venían de una fuerte cosecha del año anterior y presentar una cosecha similar para el período 99/2000.

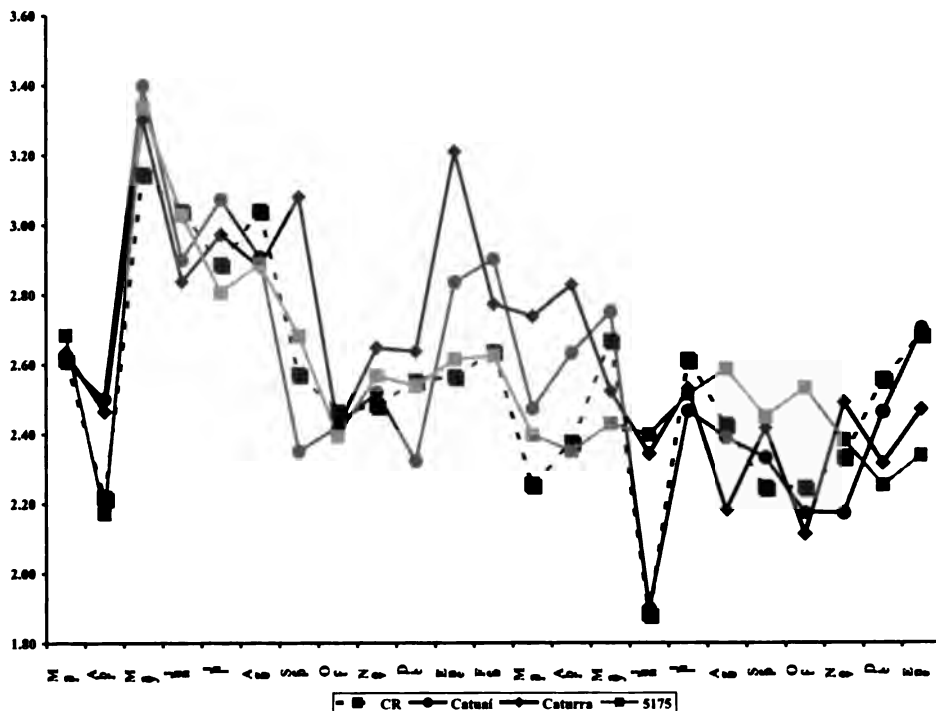


Figura 1. Variación estacional de Nitrógeno. Marzo 1998-Enero 1999.

### Potasio

La curva del potasio (Figura 2), es, en términos generales, muy similar a la descrita para el nitrógeno, pudiéndose explicar su comportamiento con las mismas razones expuestas para ese elemento.

Si bien el patrón de las curvas es muy similar entre los cuatro cultivares evaluados, el cultivar T-5175 tendió a presentar los menores porcentajes de potasio a lo largo de todo el período de evaluación, mientras que el Caturra presentó las mayores concentraciones en el

período de 1998 y se alternó con el Catuaí en el período 1999. Para una adecuada interpretación de estos resultados, no puede dejarse de considerar que el T-5175 fue el cultivar que tuvo mayor masa foliar a lo largo del período y también la mayor cosecha, mientras que el Caturra por el contrario presentó los menores valores en esos dos parámetros.

En este caso, el rango de las concentraciones encontradas en ambos períodos es muy similar.

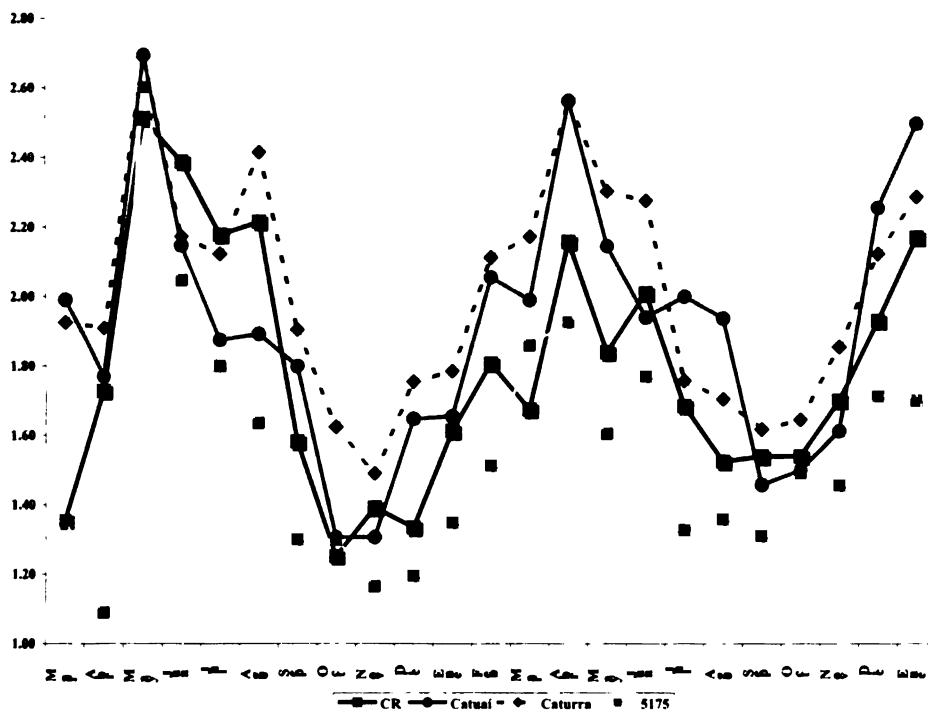


Figura 2. Variación estacional de Potasio. Marzo 1998-Enero 1999.

### Calcio

La curva de este elemento (figura 3) presenta un comportamiento en gran medida, inverso al descrito para el nitrógeno y el potasio, lo cual puede explicarse por el conocido antagonismo a nivel foliar entre el potasio y los elementos Ca y Mg. De esta forma el punto alto alcanzado por el nitrógeno y el potasio en la medición de mayo, corresponde a un punto bajo para el calcio, a partir del cual se produce un aumento que se prolonga hasta el mes de agosto en el año 1998 y hasta el mes de octubre en el año

1999, presentando las siguientes lecturas, una tendencia a la disminución.

Los datos sugieren una mayor disponibilidad de calcio para las hojas, conforme progresa la estación lluviosa, observándose un descenso en los meses secos.

Por otra parte no se observan diferencias importantes entre las curvas de las distintas variedades, pero sí entre las concentraciones, destacándose el T-5175 por presentar los niveles mayores en varias mediciones, durante los dos períodos analizados.

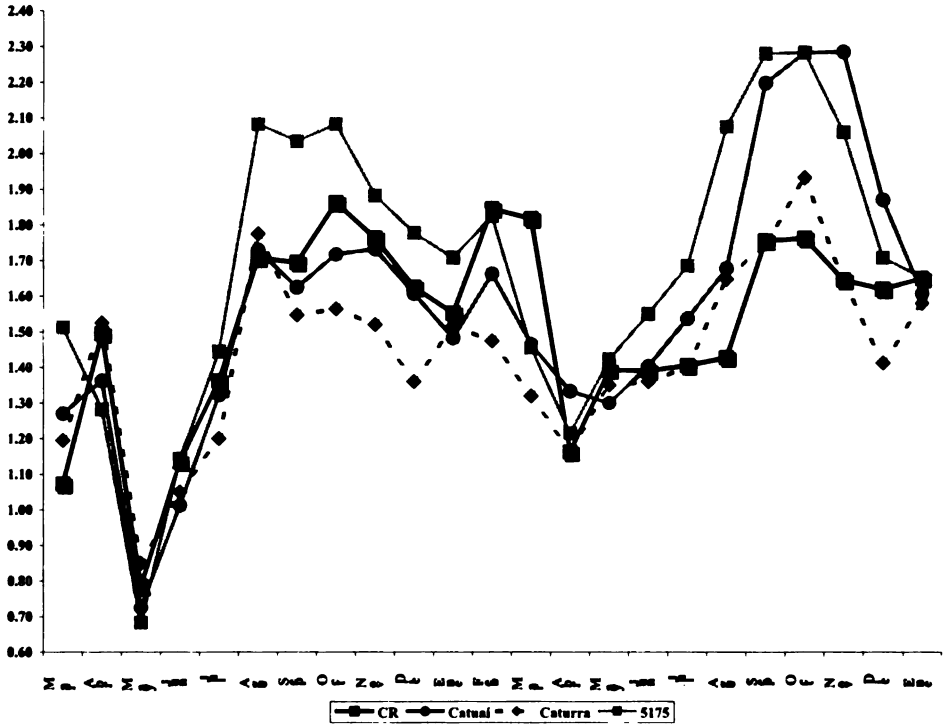


Figura 3. Variación estacional de Calcio. Marzo 1998-Enero 1999.

### Magnesio

En términos generales, el Mg (Figura 4) presenta una curva similar a la del Ca, situación que se repitió en los dos períodos evaluados. Ambos elementos presentan una curva de absorción inversa a la del K, situación que se explica por el antagonismo que existe entre ellos. En el año 98 se destaca un descenso en el mes de octubre para el cultivar Caturra, situación que en el mismo mes del 99 le ocurre a la variedad CR-95.

En el mes de noviembre de ambos períodos se aprecia un descenso para todos los cultivares; siendo el magnesio un elemento móvil, este comportamiento podría explicarse

por su traslado de las hojas hacia el fruto.

El aumento que se observa en el mes de diciembre de ambos períodos puede estar influido por la tercera fertilización en base a Magnesamón, realizada en el mes de octubre, así como por una disminución en la carga de los frutos y hojas al iniciarse la cosecha fuerte a mediados de noviembre.

El comportamiento de la curva de Mg es similar para las distintas variedades en ambos períodos, no obstante al igual que para el Ca, a partir de las mediciones de junio, el T-5175 presenta los valores más elevados y el Caturra en la mayoría de los casos, el menor.

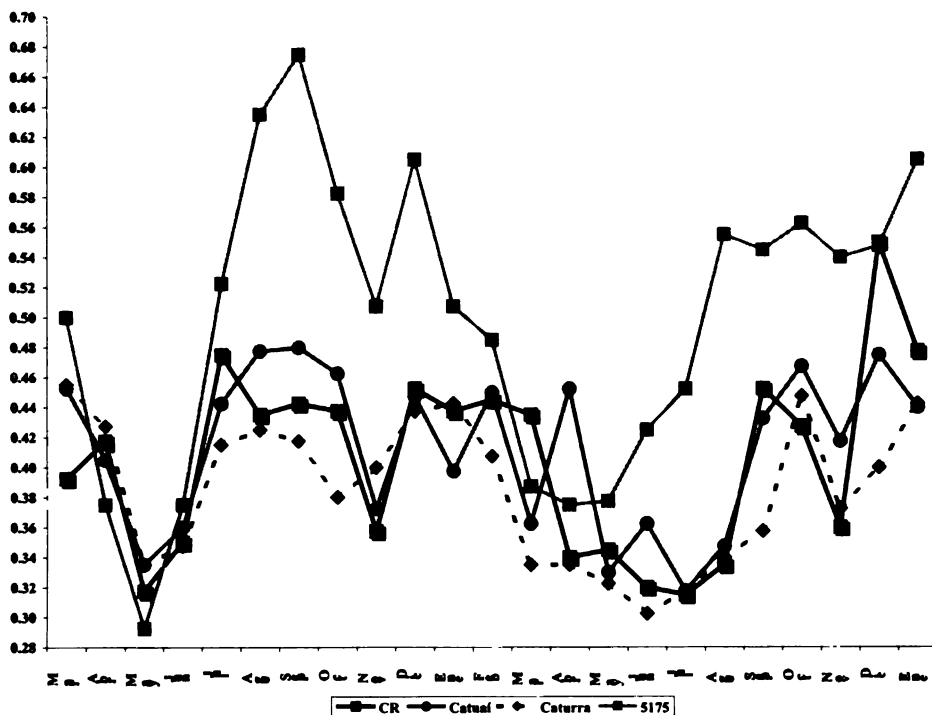


Figura 4. Variación estacional de Magnesio. Marzo 1998-Enero 1999.

## BIBLIOGRAFIA

CHAVERRI, G.; BORNEMISZA, E. y CHAVES, F. 1957. Resultados del análisis foliar del cafeto en Costa Rica. Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola. Información Técnica No. 3. p. 39.

CHINCHILLA M.A. 1973. Variación estacional de cobre, hierro, manganeso y zinc en las hojas del cafeto (*Coffea arabica* L.). Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía. Tesis p. 60p.

MARVEZ, R.T. 1972. Contenido y variación estacional del azufre en seis variedades de café (*Coffea arabica* L.). Universidad de Costa Rica. Facultad de Agronomía. Tesis p 47.

BRICEÑO, J; PACHECO, R. 1984. Métodos analíticos para el estudio de suelos y plantas. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José. Costa Rica. p. 137.



## **ABSORCION DE NUTRIMENTOS POR LOS FRUTOS Y BANDOLAS DE CAFÉ CATURRA DURANTE UN CICLO DE DESARROLLO Y MADURACIÓN DE FRUTOS EN AQUIARES, TURRIALBA, COSTA RICA**

*Floria Ramírez y Floria Bertsch<sup>1</sup>  
Luis Mora<sup>2</sup>*

### **RESUMEN**

En una plantación de Caturra sembrada en 1982 y con poda baja de 1996, ubicada en Aquiares, Turrialba, se cuantificó el curso de absorción de nutrientes por los frutos y bandolas durante el ciclo de desarrollo y maduración de la cosecha 98-99. El objetivo de este trabajo fue determinar los momentos de absorción más importantes durante el período de llenado de los frutos, para una zona con floraciones sucesivas, con miras al suplemento complementario de nutrientes vía fertilización foliar.

Al ocurrir la floración se marcaron 100 bandolas pertenecientes a diferentes plantas, y mensualmente se cortaron 10-12 elegidas al azar. Los frutos de cada bandola fueron desprendidos y clasificados en 9 tamaños y 2 categorías (verdes y maduros). Se contaron, pesaron y analizaron químicamente por categoría, para establecer la curva de absorción de nutrientes, de acuerdo al tamaño dominante en cada época.

El promedio de los frutos producto de floraciones sucesivas, se desarrolla de manera predecible, de forma que es posible tomar decisiones de fertilización de acuerdo a la curva de crecimiento y absorción de nutrientes de los frutos. A los 90 días (3 meses) después del pico de floración, todos los elementos, excepto el K, han sido consumidos en un 50% del requisito total. Un programa de fertilización foliar que quisiera apoyar efectivamente el curso de formación, llenado y maduración de frutos podría resumirse en aplicaciones de: 1) Ca a las 6 semanas, 2) Ca, Zn, B y Mg a las 11 semanas, 3) Zn y B a las 15 semanas y 4) K y N a las 28 semanas después del pico de floración. De eliminar alguna de estas aplicaciones podría excluirse la primera, y en segunda instancia la cuarta.

**Palabras Clave:** nutrición, absorción, frutos, aciones sucesivas, fertilización foliar.

---

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Agronómicas, Universidad de Costa Rica  
<sup>2</sup> INDAGRO, Heredia, Costa Rica

## **INTRODUCCIÓN**

Las curvas de absorción constituyen una herramienta para estimar de manera directa las necesidades nutricionales de un cultivo, ya que definen las cantidades de nutrientes necesarias y los momentos más adecuados de aplicación. Esta herramienta justifica cuantitativamente la validez de un programa de fertilización (Bertsch y Ramírez, 1997).

En zonas donde no ocurre una estación seca definida, las yemas florales de café crecen continuamente, resultando en floraciones sucesivas con las consecuentes desventajas de manejo (Rojas, 1987). De acuerdo a la zonificación cafetalera de Costa Rica del Ing. Rodrigo Cléves Serrano (1975) citada por Rojas (1987), la Hacienda AQUIARES ubicada en la parte norte de Turrialba, presenta las condiciones anteriores.

El objetivo de este trabajo fue la elaboración de una curva de absorción de frutos y la caracterización de las bandolas para una zona con floraciones sucesivas, con el fin de determinar los momentos de absorción más importantes durante el período de llenado, con miras al suplemento complementario de nutrientes vía fertilización foliar.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

Las evaluaciones realizadas corresponden a la cosecha 98-99 de un lote de café Caturra ubicado en AQUIARES, Turrialba, Costa Rica. Se seleccionó un lote sembrado en 1982 y con poda baja de 1996, con una producción esperada de 40 fan/ha.

Al inicio de la brotación de botones florales (19 febrero de 1998), se seleccionaron dos calles de café representativas del lote y se marcaron bandolas en el tercio medio de la planta; en total se marcaron 100 bandolas, una por planta. Además, a 20 de las bandolas se les colocó otra identificación para llevar un registro mensual del crecimiento de la bandola y la rama, desde la floración hasta la cosecha. Se muestrearon al azar de 10 a 12 bandolas por mes (marzo a octubre). Estas bandolas se cortaron, se les midió su longitud (cm), se contó el número de nudos y se desprendieron las flores y los frutos. Los frutos se clasificaron en 9 tamaños y 2 categorías (maduros y verdes). A las bandolas y los frutos categorizados se les midió el peso fresco y seco y se les determinó la concentración de nutrientes (N, P, K, Mg, Ca, S, Fe, Mn, Cu, B y Zn) según la metodología de Díaz-Romeu y Hunter (1978).



Con los datos de peso seco y concentración se calculó la cantidad de nutrimentos absorbida por cada categoría de fruto y las bandolas a lo largo del ciclo de desarrollo y maduración de los frutos.

## **RESULTADOS Y DISCUSION**

### **Caracterización fenológica de la planta**

En el Cuadro 1 se presentan el detalle de las características fenológicas generales de la plantación evaluada. Como se puede observar, una planta de dos años de edad después de la poda total, y soportando su primera cosecha fuerte se caracteriza por tener, en promedio, unas 61 bandolas productivas (>10 cm de largo y con floración), distribuidas en sus 2-3 ejes ortotrópicos.

Las bandolas evaluadas tuvieron, durante el período de desarrollo de los frutos (feb a nov), un aumento

de un 16.5% sobre su largo inicial (10 cm), y presentaron actividad reproductora (floración y fructificación) en poco más de la mitad de sus nudos (59%, 33 nudos en promedio). Durante el mismo período el eje ortotrópico creció un 20% (31 cm).

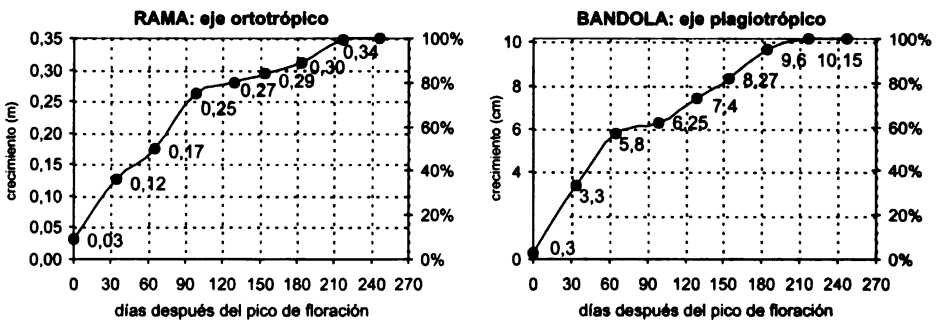
El ritmo de crecimiento de las bandolas se acopla al comportamiento descrito por Vicente-Chandler (1989), en el que hay dos momentos de crecimiento vegetativo importantes que se ubican durante la floración y más tarde (4-6 meses después) durante el desarrollo de los frutos. De acuerdo con las evaluaciones, en la Figura 1, durante los primeros tres meses de desarrollo de los frutos, se produjo el 60% del aumento en el largo de las bandolas y el 70% de la elongación del eje ortotrópico observado en el ciclo de desarrollo de los frutos.

**Cuadro 1.** Descripción de las plantas de café variedad Caturra, durante un ciclo de crecimiento y maduración de los frutos en Aquiares, Turrialba, Costa Rica.

Sección	Promedio	IC		
		$\alpha = 0.05$	n	
Planta	# ejes ortotrópicos (e.o.)	2,55	± 0,22	20
	altura inicial de e.o. (feb-98) (m)	1,56	± 0,06	20
	altura final de e.o. (nov-98) (m)	1,87	± 0,07	20
	# bandolas >10 cm / e.o.	33,85	± 2,95	20
	# bandolas efectivas (> 50% floreado)/ e.o.	24,05	± 2,54	20
Bandola	Largo promedio (cm)	66,9	± 1,6	98
	largo inicial de bandola (feb -98) (cm)	59,45	± 3,52	20
	largo final de bandola (nov-98) (cm)	69,30	± 5,09	20
	# nudos	63,2	± 4,5	98
	nudos/cm	0,94	± 0,06	98
	Peso fresco (g)	62,9	± 5,5	98
	Peso seco (g)	21,7	± 1,9	98
% de Humedad de bandola	65%	± 1%	98	
Floración	nudos floreados	32,9	± 8,6	9
	% de nudos floreados	59%	± 10%	9
	# botones florales grandes/5 g de peso fresco	82,7	± 4,8	6
	Peso fresco de flores/bandola (g)	10,3	± 5,4	16
	Peso seco de flores/bandola (g)	1,6	± 1,0	14
	% de Humedad de flores	83%	± 1%	14

IC= intervalo de confianza

N= número de muestras



**Figura 1.** Evolución del crecimiento de bandolas y ramas de café después del pico de máxima floración hasta la cosecha.

Al tiempo que ocurre la diferenciación de las yemas florales, puede presentarse el alargamiento de los entrenudos y la formación de los nudos, pero cuando hay crecimiento de frutos el alargamiento de las ramas se reduce (Valencia, 1998). Por otro lado, Segura (1992a,b) encontró que las mayores tasas de crecimiento de bandolas de Caturra y Catuá están relacionadas con las épocas de mayor precipitación.

**Caracterización de los frutos**

En el Cuadro 2 se presenta una descripción en términos de peso fresco, peso seco, porcentaje de humedad, altura y diámetro de cada una de las categorías de frutos identificadas. Bajo las condiciones descritas, existió una relación muy estrecha entre la altura (longitud) y el diámetro de los frutos verdes de Caturra, sin importar la categoría de tamaño. Esta relación es descrita por la ecuación:

$$\text{Diámetro (mm)} = 0.6588 \times \text{altura (mm)} + 0.7569 \quad r^2 = 0.97$$

**Cuadro 2.** Descripción de las categorías de tamaño y estado de los frutos de café variedad Caturra, Aquiares, Turrialba, Costa Rica.

Estado	Tamaño	mg		% humedad	n	Altura mm		Diámetro mm	
		Peso fresco	Peso seco			Min	max	min	max
V E R D E	1	15 ± 1	4 ± 0,4	72% ± 4%	61	<3.0		<2.5	
	2	61 ± 6	14 ± 1	76% ± 3%	41	3,1 - 4,5		2,6 - 3,5	
	3	133 ± 19	26 ± 3	80% ± 1%	22	4,6 - 6		3,6 - 4,5	
	4	253 ± 28	43 ± 61	83% ± 1%	29	6,1 - 7,5		4,6 - 6	
	5	555 ± 26	126 ± 12	78% ± 1%	73	7,6 - 10		6,1 - 8	
	6	851 ± 23	201 ± 17	77% ± 2%	74	10,1 - 13		8 - 9,5	
	7	1083 ± 85	263 ± 29	76% ± 2%	69	13,1 - 14,5		9,6 - 10	
	8	1495 ± 186	359 ± 38	75% ± 2%	34	14,6 - 16,5		10,1 - 11,5	
	9	1612 ± 201	433 ± 93	73% ± 5%	4	>16.6		>11.6	
M A D U R O	5	802 ± 160	212 ± 15	72% ± 4%	9	<i>n= número de muestras</i> <i>IC= intervalo de confianza</i>			
6	958 ± 40	281 ± 19	71% ± 2%	25					
7	1356 ± 41	397 ± 18	71% ± 1%	33					
8	1738 ± 70	513 ± 28	70% ± 1%	21					
9	1921 ± 57	558 ± 37	71% ± 1%	12					
10	2455 ± 245	711 ± 114	71% ± 3%	6					
Momias		984 ± 386	377 ± 82	52% ± 8%	16				

Los frutos maduros se presentan a partir de la categoría 5 de tamaño, pero los tamaños maduros dominantes son 6, 7 y 8; los frutos extremadamente grandes (9 y 10) fueron muy pocos. Los frutos maduros se caracterizan por un porcentaje de

humedad menor al del tamaño correspondiente en verde. Se presentaron frutos secos que permanecen prendidos a la bandola y que se denominaron frutos "momia". Debido a la presencia de frutos de diferentes tamaños y estado a lo

largo del ciclo de desarrollo y maduración de los frutos en Aquiares, se procedió a determinar los momentos en que dominaba uno o varios tamaños y estados de fruto. En

el cuadro 3, se presentan los promedios ponderados de peso y humedad para los frutos dominantes y el porcentaje que éstos representan del total de frutos en la bandola.

**Cuadro 3.** Caracterización de los frutos dominantes en el ciclo de crecimiento y maduración de los frutos de café variedad Caturra en Aquiares, Turrialba.

Edad (ddpf)	Tamaño	Peso (mg)		% humedad	# promedio de frutos/ bandola	% de frutos dominantes
		Fresco	Seco			
34	1	14,6	3,9	72%	351	95%
65	2,3,4	124,1	23,7	79%	260	57%
99	5,6	764,8	179,4	77%	154	69%
217	7,8,9	1103,4	268,1	76%	97	57%
247	Maduro	1323,9	386,1	71%	101	64%
247	Momias	984,3	377,4	52%	101	18%

*ddpf= días después del pico de floración*

El número de frutos por bandola disminuye conforme aumenta el tamaño, esto refleja una purga de frutos bastante fuerte; Valencia (1989) menciona que en Colombia se presenta un cuaje del 30-40%. Briceño y Arias (1992) reportan un promedio de 103 frutos por bandola a la cosecha de café Caturra, dato prácticamente idéntico al encontrado en estas evaluaciones. Con los datos de los frutos dominantes se fabricó la curva de crecimiento de nutrimentos de los frutos de café Caturra (Figura 2). La duración del ciclo de crecimiento

de los frutos de café (de antes a maduración) es de aproximadamente 8 meses, dependiendo de las condiciones climáticas del lugar (Valencia, 1998).

La curva de crecimiento del fruto de café descrita por León y Fournier (1962) en términos de tamaño (longitud en mm) para variedades como Bourbon y Typica, corresponde en gran medida a la curva de materia seca (mg) de frutos evaluada para Caturra. Otras curvas se han desarrollado de acuerdo al diámetro de la cereza (mm) (Segura, 1992c, Valencia, 1998).

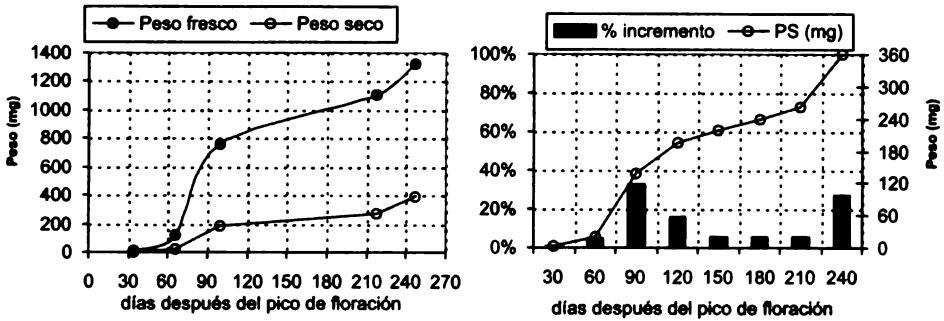


Figura 2. Curva de crecimiento de un fruto de café variedad Caturra en términos de peso (mg/fruto) y porcentual.

La curva de crecimiento del fruto de café presenta una forma sigmoidea doble (León y Fournier, 1962). La primera etapa corresponde a un incremento en tamaño prácticamente despreciable (primeras 4-5 semanas), seguida de un crecimiento rápido hasta que el fruto verde alcanza su tamaño máximo (Segura, 1992c). En el tercer período casi no hay crecimiento y corresponde al endurecimiento del endocarpo y la división de los tejidos de la semilla (> 18 semanas); finalmente en un cuarto período se produce la maduración y hay un fuerte incremento en tamaño (5 semanas) (León y Fournier, 1962), que Segura (1992c) asocia con un fuerte incremento en materia seca, que en este caso corresponde a más de un 30% que se acumula a partir de los 210 días después del pico de floración.

### Absorción de nutrimentos por los frutos de café

La información de peso seco (Cuadro 3) y la concentración de nutrimentos (Cuadro 4) son los dos elementos necesarios para el cálculo de absorción de nutrimentos (Cuadro 5). La absorción se estimó espaciada cada 30 días y en las figuras 3 y 4 se presentan las curvas de absorción para cada nutrimento para un fruto de café. La absorción de nutrimentos de la banda, no se consideró ya que presentó un comportamiento muy constante producto de concentraciones uniformes y crecimiento prácticamente lineal (Figura 1) durante el ciclo.

Al igual que en el estudio de Segura (1992d), el orden de absorción de macronutrimentos para los frutos de Caturra fue:  $K > N > Ca > Mg > P > S$ ; y la proporción de elementos  $N(6) : P_2O_5(1) : K_2O(8)$  mencionada por Carvajal (1984) para frutos de café, es muy similar a la encontrada para Caturra.

**Cuadro 4.** Concentración promedio de nutrimentos en la bandola, flores y tamaños dominantes de frutos de café variedad Caturra, en Aquires, Turrialba.

	%						mg/Kg					
	N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B	
Bandola	1,97	0,18	1,07	0,21	1,83	0,17	103	33	27	144	49,7	
Flores	3,05	0,39	0,74	0,32	2,54	0,22	175	50	22	87	45,9	
Frutos 1	2,82	0,30	1,54	0,43	2,99	0,29	157	36	22	281	55	
Frutos 2, 3, 4	2,89	0,33	0,94	0,35	2,94	0,23	82	27	18	134	41	
Frutos 5, 6	2,39	0,20	0,35	0,21	2,61	0,15	48	21	11	52	52	
Frutos 7, 8, 9	1,95	0,19	0,31	0,20	2,43	0,14	54	21	10	46	51	
Frutos Maduros	1,68	0,14	0,24	0,16	2,22	0,11	31	13	5	38	42	

**Cuadro 5.** Absorción estimada de nutrimentos de un fruto de café variedad Caturra en Aquires de Turrialba, Costa Rica.

ddpf	Tamaño dominante	PS (mg)	mg/fruta						ug/fruta				
			N	P	Ca	Mg	K	S	Fe	Cu	Zn	Mn	B
30	1	3,4	0,10	0,01	0,05	0,01	0,10	0,01	0,54	0,12	0,08	0,97	0,19
60	2,3,4	20,5	0,59	0,07	0,19	0,07	0,60	0,05	1,67	0,54	0,37	2,75	0,84
90	5,6	138,2	3,30	0,28	0,49	0,29	3,61	0,21	6,58	2,88	1,55	7,13	7,21
120	7,8,9	195,2	3,80	0,38	0,61	0,38	4,75	0,28	10,59	4,00	1,95	8,98	10,04
150	7,8,9	217,7	4,24	0,42	0,68	0,43	5,30	0,31	11,81	4,46	2,18	10,02	11,20
180	7,8,9	240,3	4,68	0,46	0,75	0,47	5,85	0,35	13,04	4,93	2,40	11,05	12,36
210	7,8,9	262,8	5,12	0,51	0,82	0,52	6,40	0,38	14,26	5,39	2,63	12,09	13,52
240	Maduros	358,6	6,04	0,52	0,87	0,59	7,95	0,38	11,17	4,56	1,74	13,63	14,95

A los 30 días después del pico de floración la mayoría de los frutos de café de una bandola se encuentran en el tamaño 1, o condición de "alfiler". En este momento, sólo el Ca y el Mn se han consumido en más de un 5%, por lo que se podrían aplicar en el primer mes.

A los 60 días, la mayoría de los frutos se encuentran en el tamaño 2, 3 ó 4, que significa un máximo de 6 mm de diámetro, para un peso fresco promedio de un cuarto de gramo. Para este momento más de un 20% del total que va a ser consumido de estos dos elementos

(Ca, Mn) ha ingresado al fruto, de allí que sea fundamental apoyar a la planta con ellos antes de este momento, esto es a los 45 días (6 semanas) después de la floración fuerte.

Para el tercer mes (90 días), paralelo a: una fuerte absorción de agua por parte del fruto (Figura 2), un importante aumento tamaño en que alcanza aproximadamente el 80% de las dimensiones máximas, y a la fuerte absorción de Ca y Mn, se suma el Zn, con una absorción del 45% (casi la mitad de su necesidad en ese preciso mes).

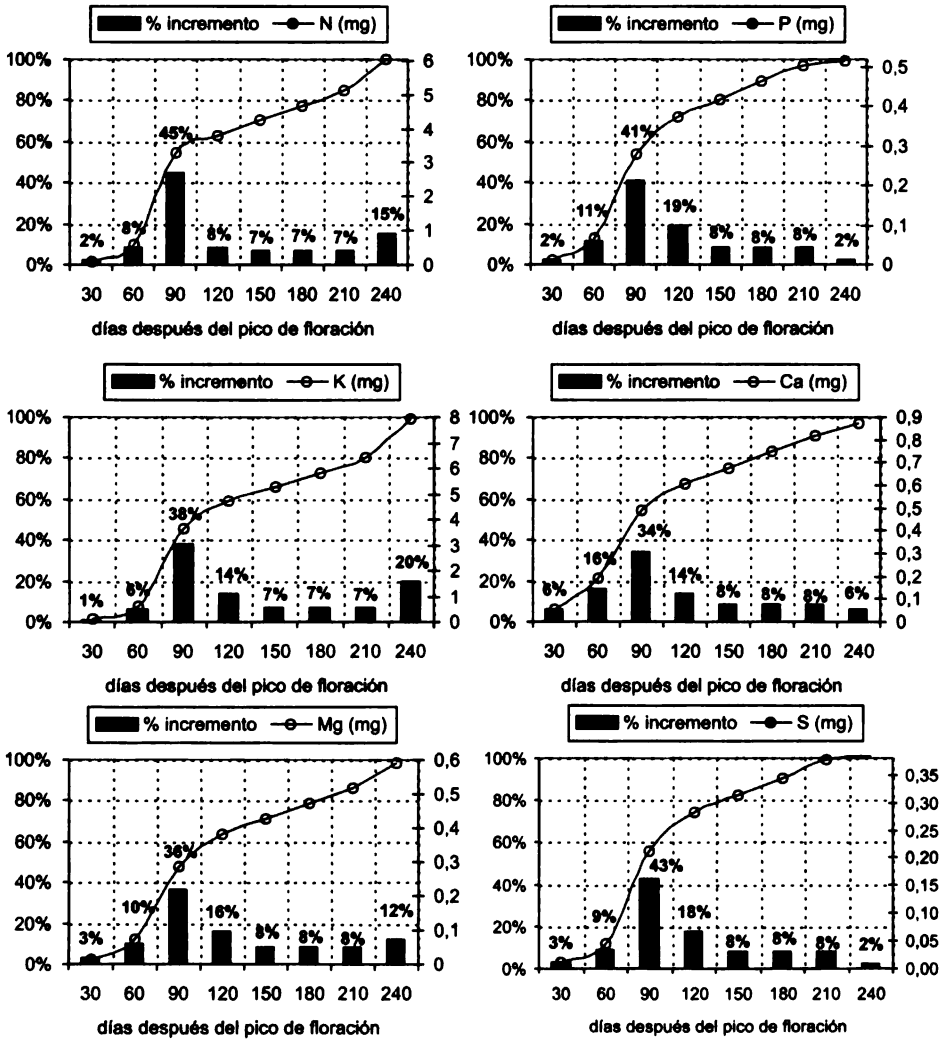


Figura 3. Curvas de absorción de macronutrientos (mg/fruto) para frutos de café Caturra.

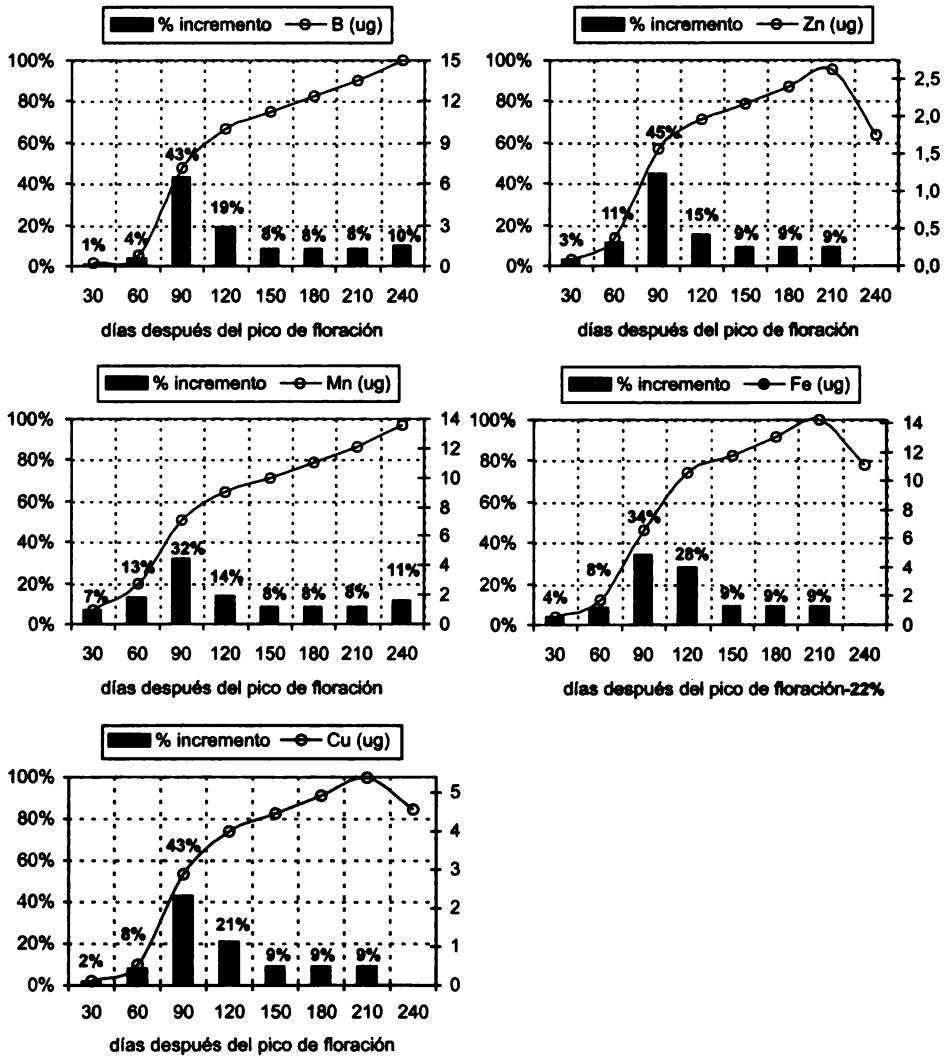


Figura 4. Curvas de absorción de micronutrientes (ug/fruto) para frutos de café Caturra.

El B, el S, el Cu, el N y el P presentan el mismo comportamiento. Más del 40% del total de esos elementos se van a absorber antes del tercer mes. En términos de apoyo foliar, una aplicación de Ca, Zn y B entre los 60 y 75 días (10-11 semana) después del pico de floración parece indiscutible. Para este momen-

to, cabe destacar que prácticamente sólo de K, no se ha consumido la mitad de su requisito.

Prepararse para el cuarto mes (120 días, 17 semanas) significaría atender, dentro de los micronutrientes nuevamente al B y al Zn durante la semana 15, aunque también el Cu y el Fe presentan uno de sus



mayores picos de absorción. Ya para este momento se ha iniciado la formación de frutos 6 y 7 que ofrecen diámetros mayores a 1 cm y pesos frescos mayores a 1 g.

El período que sigue, en el que se completa este desarrollo de los frutos hasta alcanzar su tamaño definitivo antes de empezar a madurar, puede alargarse desde los 120 hasta los 210 días (3 meses) y ocurre sin cambios muy abruptos. Esto significa que las exigencias de nutrimentos por mes son más graduales (entre 7 y 9% por mes) y por lo tanto, el apoyo foliar resulta menos impactante. Tres micronutrientes, Zn, Fe y Cu, alcanzan completar todas sus necesidades antes de empezar la maduración; por lo que es poco estratégico realizar aplicaciones tardías (posteriores a las 25 semanas o 6 meses) de estos elementos.

Según Valencia (1998), existe una gran demanda de nutrientes en los 2 últimos meses de desarrollo del fruto, sin embargo, según este estudio solo el K, el N, y en menor medida el B y el Mg resultan de importancia para la maduración

(período después de los 7 meses). Un refuerzo tardío podría complementar este proceso.

Si se quisiera suplementar Mg los momentos de mayor exigencia mensual corresponden con el tercer y cuarto mes, esto es, con la aplicación que podría realizarse a las 10 semanas (70 días).

### CONCLUSIONES

A pesar de que en la zona de Turrialba se presentan floraciones sucesivas, el promedio de los frutos se desarrolla de manera predecible, de forma que es posible tomar decisiones de fertilización de acuerdo a la curva de crecimiento y absorción de nutrimentos de los frutos.

A los 90 días (3 meses) después del pico de floración, todos los elementos, excepto el K, han sido consumidos en un 50% del requisito total.

Un programa de fertilización foliar que quisiera apoyar efectivamente el curso de formación, llenado y maduración de frutos podría resumirse así:

Fecha de aplicación			Nutrimentos a aplicar		
Días	Semanas	Meses	Prioritarios	Secundarios	Terciarios
40-45	6	1.5	Ca		
60-75	11	2.5	Ca, Zn, B	Mg	N, K
100-110	15	3.5	Zn, B	Cu, Fe	Mg, S
200-210	28	6.5	K, N	B, Mg	

De eliminar alguna de estas aplicaciones podría excluirse la primera, y en segunda instancia la cuarta.

## BIBLIOGRAFÍAS

- BERTSCH, F.; RAMIREZ, F. 1997. Metodologías para afinar los programas de fertilización de los cultivos por medio del uso de curvas de absorción de nutrimentos. En: Memoria Jornadas de Investigación. Universidad de Costa Rica, Vicerrectoría de Investigación. 183 p.
- BRICEÑO, J.; ARIAS, O. 1992. Desarrollo del cafeto (*Coffea arabica*). I. Crecimiento vegetativo y reproductivo de tres cultivares. *Agronomía Costarricense* 16(1):125-130.
- CARVAJAL, F. 1984. Cafeto: cultivo y fertilización. Segunda Edición. Instituto Internacional de la Potasa, Berna, Suiza. 253 p.
- DIAZ-ROMEU, R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químico de suelos y tejido vegetal e investigación en invernadero. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 61 p.
- LEON, J; FOURNIER, L. 1962. Crecimiento y desarrollo del fruto de *Coffea arabica* L. Turrialba 12: 65-74.
- ROJAS, O. 1987. Zonificación Agroecológica para el cultivo de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica. IICA, Serie Publicaciones Misceláneas No. A1/OCR-87-007. San José, Costa Rica, 83 p.
- SEGURA, A. 1992a. Estudio comparativo del crecimiento vegetativo de dos cultivares de café. En: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- SEGURA, A. 1992b. Estudio fenológico del café. En: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- SEGURA, A. 1992c. Estudio del crecimiento del fruto de café. En: Informe anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- SEGURA, A. 1992d. Extracción de nutrientes por los frutos del café durante su desarrollo. En: Informe

- anual de labores 1991-1992. Convenio ICAFE-MAG. Heredia, Costa Rica. 363 p.
- VALENCIA, G. 1998. Manual de nutrición y fertilización del café. INPOFOS, Quito, Ecuador. 61 p.
- VICENTE-CHANDLER, J. 1989. Coffee. In: Detecting Mineral Nutrient Deficiencies in Tropical and Temperate Crops. Ed. D.L. Plucknett and H.B. Sprague. Westview Press, U.S.A. 553 p.



## EVALUACION DE DIFERENTES DOSIS DE SULFATO DE ZINC APLICADOS AL SUELO Y FUENTES DE ZINC FOLIARES EN DOS ZONAS CAFETALERAS DE COSTA RICA

*Carlos Fonseca Castro'  
Juan José Obando Jiménez'*

### RESUMEN

En dos localidades cafetaleras de Costa Rica se estudió el efecto de diferentes fertilizantes foliares a base de zinc y de dosis de sulfato de zinc aplicado al suelo.

Luego de tres períodos de cosecha no se detectaron diferencias entre los tratamientos foliares sobre la maduración para las dos localidades, aunque los muestreos foliares realizados 45 días después de las aplicaciones incrementaron los tenores foliares de zinc.

El sulfato de zinc se acumuló rápidamente en el suelo para la localidad de Desamparados 1300 msnm, 1400 mm/año, suelo tipo ultisol; fundamentalmente por aspectos agroclimáticos.

Cualquier producto a base de zinc foliar puede ser utilizado efectivamente y/o aplicaciones al suelo siempre y cuando no se supere los 25 kg/ha de  $ZnSO_4$  o se puede prescindir del uso de este micronutriente en forma temporal, cuando los niveles de zinc sean superiores a 3 ppm.

**Palabras clave:** Café, zinc, fertilización, Costa Rica.

### INTRODUCCION

Los suelos tropicales presentan marcadas deficiencias de zinc, esta deficiencia provoca reducciones en crecimientos y producción (Borne-miza, 1998). En Costa Rica el zinc

es el micronutriente que con mayor frecuencia presenta niveles bajos (iguales o menores a 2 ug/ml/ de suelo) seguido por el manganeso y el hierro (Bertsch, 1986). Los principales factores que afectan la disponibilidad del zinc en el suelo

son pH, precipitación de fosfatos, materia orgánica y absorción (Malavolta).

Investigaciones realizadas en Costa Rica desde la década de los 50's indican que es factible corregir deficiencias de zinc mediante aspersiones foliares (González, 1951).

Más recientemente (Campos, Ramírez 1990, 1991, 1992) lograron obtener excelentes resultados al utilizar oxisulfatos de zinc. Varios investigadores han descrito las deficiencias de zinc, más recientemente Andrade, et al, 1974 la caracterizó como; presencia de hojas pequeñas y retorcidas clorosis en el limbo permaneciendo

las nervaduras verdes con algún tejido verde en los márgenes. Hojas coriáceas, crecimiento secundario en exceso y frutos pequeños vacíos en gran porcentaje.

El objetivo de este trabajo es medir el efecto sobre la producción de café en la aplicación foliar y al suelo de fertilizantes a base de zinc.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización y características del estudio

Los experimentos se llevaron a cabo en dos zonas cafetaleras de Costa Rica

**Cuadro 1.** Caracterización del sitio experimental del experimento: Estudio comparativo de fuentes de zinc foliar y al suelo, en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. 2000

<u>Características</u>	<u>Localidad 1</u>	<u>Localidad 2</u>
<b><u>Localización</u></b>		
Finca:	Agrícola, Cajón	Hnos. Ceciliano
Cantón:	Pérez Zeledón	Desamparados
Provincia:	San José	San José
<b><u>Características ecológicas</u></b>		
Elevación:	650 msnm	1300 msnm
Temperatura promedio:	23 C	21 C
Precipitación/año:	1400 mm	1900 mm
Suelo: Ustic Haplohumults	Ultisol	Typic Haplouults
Variedad:	Catuaí	Catuaí
Tipo de poda:	Ciclo cada 3 años	Poda por lote
Sombra:	<i>Erythrina</i> sp	<i>Erythrina</i> sp

## Diseño experimental y fertilización:

### Localidad 1

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con 10 tratamientos, 3 repeticiones. Como base general de fertilización anual se utilizaron los siguientes elementos: 300 kg de Nitrógeno ( $N_2$ ) fraccionado en tres épocas (mayo, agosto y noviembre) utilizando como fuente  $NH_4NO_3$ : 50 kg de  $P_2O_5$ , utilizando como fuente triple super fosfato 250 kg de  $K_2O$

utilizando como fuente KCL, 60 kg de MgO utilizando como fuente  $MgSO_4$  y 20 kg de  $B_2O_3$  utilizando como fuente Razorita; todos estos elementos aplicados en dos épocas (mayo y agosto) de cada año.

### Localidad 2

Se utilizó un diseño experimental por separaciones de medias e intervalos de confianza, con 4 tratamientos y 3 repeticiones. La fertilización aplicada fue similar a la descrita en la localidad 1.

## Tratamientos

**Cuadro 2.** Fuentes comercial y dosis de los tratamientos aplicados en el experimento Estudio comparativo de fuentes de zinc foliar y al suelo, en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. Pérez Zeledón, 2000.

Número de Tratamiento	Fuente Comercial		Dosis / PC
1	Testigo		
2	$ZnSO_4$ (31% Zn)	Suelo	30 kg/ha
3	$ZnSO_4$ (31% Zn)	Suelo	90 kg/ha
4	Oxido de Zn	Foliar	0.125%
5	Zinvert	Foliar	0.250%
6	Metalosato de Zn	Foliar	0.125%
7	Quelatozinc	Foliar	0.50%
8	Rimafol Zn	Foliar	0.125%
9	Excelzinc L	Foliar	0.125%
10	Zitrilón	Foliar	0.125%

**Cuadro 3.** Descripción de la fuente comercial y dosis de los tratamientos aplicados en el experimento: Estudio comparativo de fuentes de zinc foliar y al suelo, en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. Desamparados, 2000.

Número de Tratamiento	Fuente Comercial	Dosis/PC
1	Testigo	
2	Metalosato de Zn	0.25%
3	ZnSO <sub>4</sub> (31% Zn)	25 kg./ha
4	ZnSO <sub>4</sub> (31% Zn)	75 kg./ha
5	ZnSO <sub>4</sub> (31% Zn)	124 kg./ha

En las dos localidades las aplicaciones foliares se realizaron 3 veces al año (mayo, agosto y noviembre) y las aplicaciones al suelo se realizaron en 2 fracciones (mayo y agosto).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### a) Zinc en el suelo

En el cuadro 4 se observa la concentración de zinc en el suelo de los diferentes tratamientos en las dos localidades.

**Cuadro 4.** Concentración de zinc mg/L de los diferentes tratamientos aplicados para el estudio comparativo de fuentes de zinc foliar y al suelo, en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. 2000

Localidad	Tratamientos	Dosis	mg/L. de Zinc	
Pérez Zeledón	Testigo		1,8	
	Foliares		1,4	
	ZnSO <sub>4</sub> 31%	30 kg/ha	6,8	
	ZnSO <sub>4</sub> 31%	90 kg/ha	2,5	
Desamparados	Testigo		30	
	**	Metalosato de Zinc	0,25	1,5
	ZnSO <sub>4</sub> 31%	25 kg/ha	109	
	ZnSO <sub>4</sub> 31%	74 kg/ha	192	
	ZnSO <sub>4</sub> 31%	124 kg/ha	220	

\*\*Muestreo 1999.



Al observar la concentración de zinc en los diferentes tratamientos se aprecia como para las condiciones del sitio experimental las aplicaciones de sulfato de zinc incrementaron las concentraciones de este elemento hasta llegar a un nivel medio de este elemento el cual esta disponible para la planta (Carvajal, 1984).

### **Pérez Zeledón**

Los factores que afectan la disponibilidad de zinc en los suelos se mencionan el tipo de suelo y el lavado exceso de precipitación. (Malavolta, 1981).

Para este caso específico tenemos un suelo tipo Ultisol con características de fijación altas para este elemento por parte de las arcillas y la materia orgánica, además de mecanismos de absorción presentes en los suelos tipo Ultisol (Bornemiza, 1994).

Por otra parte la excesiva precipitación de esta zona (4000 mm/año) provoca que se presente una altísima solubilización de este elemento perdiéndose rápidamente el área radicular y profundizándose a otros estratos (Mortvedt et al, 1983).

### **Desamparados**

En este sitio experimental la condición es otra; las dosis de sulfato de zinc conforme se incrementaron las dosis

rápidamente pasaron a la fracción soluble del suelo hasta llegar a niveles altos de concentración de este elemento >10 ppm (Bertsch, 1995).

Incluso se menciona podría estar llegando a los umbrales de toxicidad de este elemento, en donde podría interferir en los procesos metabólicos del P y el FE (Mortvedt et al 1983).

Berger, 1965 menciona que cantidades excesivas de zinc pueden ser tóxicas para las plantas. Pocas investigaciones han podido demostrar la toxicidad de este elemento pero si está demostrado que al incrementar las concentraciones de zinc en el suelo a niveles altos se podría tener un efecto residual importante. Brown Krants y Montin 1964 encontraron que una aplicación de 12.5 ppm era suficiente para producir 10 cosechas sucesivas de maíz dulce además puntualizan que esto es muy particular para las condiciones de suelo y clima. Estos resultados indican que el zinc tiene un efecto residual prolongado y que podría ser monitoreados por los análisis de suelo continuos (Mortvedt et al, 1983).

### **b) Zinc Foliar**

Se observa en el cuadro 5 como en los dos sitios experimentales las concentraciones de zinc foliares se encuentran en los rangos bajos y

deficientes (Bertsch, 1995). Malavolta, 1989 menciona que los tenores de zinc inferiores a 3 ppm son deficientes y causan toxicidad con valores superiores a 50 ppm. De acuerdo a este mismo autor el zinc en café presenta una eficiencia de utilización del 19% lo que sustentaría los datos presentados ya que los tratamientos se encuentran con concentraciones de zinc muy similares pero ubicando a los testigos en las posiciones inferiores. La variación del tenor foliar de zinc en plantas de café por un período de 1 año fue prácticamente mínima, lo que podría explicar él porque son tan similares las concentraciones de los diferentes tratamientos (Malavolta, 1989).

Es importante anotar que para los dos sitios experimentales los tratamientos testigos se ubican en las últimas posiciones y que la absorción y traslocación de zinc al suelo y foliar es mínima.

Algunos investigadores recomiendan la implementación de tratamientos foliares antes que al suelo; pero con intervalos cortos (Segura, 1985; Malavolta, 1989; Arzola, 1956; Morvert, 1983).

En cuanto a las diferentes fuentes foliares los investigadores mencionan que la eficiencia de Quelatos Sulfatos Oxidos es muy variable, no han sido consistentes los resultados (Mortvedt 1983).

**Cuadro 5.** Concentración de zinc foliar mg/kg. de los diferentes tratamientos aplicados para el estudio comparativo de fuentes de zinc foliar y al suelo, en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. 2000

Localidad	Tratamientos	Dosis	mg/kg de Zn
Pérez Zeledón *	Testigo		9
	ZnSO <sub>4</sub> (31% Zn)	30 kg/ha	9
	ZnSO <sub>4</sub> (31% Zn)	90 kg/ha	10
	Oxido de Zn	0,13%	13
	Zinvert	0,25%	13
	Metalosato de Zn	0,13%	12
	Quelatozinc	0,50 %	9
	Rimafol Zn	0,13%	9
	Excelzinc L	0,13%	8
Zitrilón	0,13%	12	
Desamparados	Tratamientos		mg/L. de Zinc
	Testigo		6
	Foliar	0,25%	7
	ZnSO <sub>4</sub> 31%	25 kg/ha	5
	ZnSO <sub>4</sub> 31%	74 kg/ha	8
ZnSO <sub>4</sub> 31%	124 kg/ha	9	

\* Promedio de 2 muestreos realizados 45 días después de cada aplicación en 1999.

**c) Producción**

Se presentan a continuación la producción promedio de tres cose-

chas (Fan/ha) para las dos localidades en que se llevó a cabo el experimento.

**Cuadro 6.** Rendimiento en Fanegas/ha para el experimento estudio comparativo de fuentes de zinc foliar y al suelo, en dos zonas cafetaleras de Costa Rica. 2000. \* Fanegas es una medida volumétrica que equivale a 400 L de café cereza.

Localidad	Tratamientos	Promedio	
		3 Cosechas	Porcentaje
Pérez Zeledón	Testigo	66.1	100%
	Metalosato de Zinc	69.0	104%
	Rimafolizinc L	69.2	105%
	Zitrilón	69.4	105%
	Zinvert	70.3	106%
	Zn SO <sub>4</sub> 31%Zn 30 kg/ha	73.3	111%
	Oxido de Zn	73.3	111%
	Zn SO <sub>4</sub> 31%Zn 90 kg/ha	73.7	111%
	Quelatozinc	73.7	111%
	Excelzinc L	74.6	113% ns
Desamparados	Testigo	75,07	100%
	Zinc Foliar 0,13%	70,33	93%
	ZnSO <sub>4</sub> 31% 25 kg/ha	80,55 **	107%
	ZnSO <sub>4</sub> 31% 74 kg/ha	79,26	105%
	ZnSO <sub>4</sub> 31% 124 kg/ha	71,82	95%

\* Fanegas es una medida volumétrica que equivale a 400 L de café cereza.

\*\* Presenta diferencia estadística según análisis de comparación de medias.

Para la localidad de Pérez Zeledón no se presenta diferencias significativas entre tratamientos, es interesante observar como al testigo se ubica en el último lugar y los demás tratamientos lo superan desde un 4 a un 13% de diferencia. Al respecto algunas investigaciones han obtenido resultados similares (Campos 1991, Ramírez 1991, Medcalf, 1956).

En donde no se presentan diferencias entre tratamientos, es importante destacar como las aplicaciones al suelo tienen un comportamiento interesante ya que superan al testigo 11% y podría ser una opción para suplementar este

elemento para las condiciones del estudio.

Con los resultados obtenidos en este ensayo se podría prescindir por algún periodo de aplicaciones de este elemento para luego continuar con estas; siempre y cuando se pueda tener un seguimiento técnico de la finca. Monitoreando las concentraciones de zinc al suelo y realizando aplicaciones cuando los niveles de zinc estén en el rango bajo < 3 ppm.

Desde el punto de vista económico se podría usar cualquiera de las fuentes evaluadas.

Para la localidad de Desamparados se presenta diferencia significativa

para el tratamiento de 25 kg/ha; fue necesario que se registraran tres cosechas para poder tener diferencias estadísticas. Lo que sucede al aplicar estos elementos es que es necesario que ubiquen las posiciones de fijación y absorción para luego pasar a la fracción soluble del suelo y puedan ser utilizados por la planta (Montvedt, 1983).

Respecto a la dosis algunas investigaciones mencionan que una dosis de 10 a 30 kg/ha de  $ZnSO_4$  es la que presenta el mejor comportamiento productivo y que cuando se incrementan las dosis tiende a declinar la producción y causar problemas de toxicidad (Malavolta 1989, Mortvert 1983, Rena et al 1986).

Esta referencia sustenta el hecho de que las dosis mayores presentan menor producción, por el hecho de estar causando interferencia a la absorción de otros elementos aunque los tenores foliares de estos tratamientos no llegan a los niveles normales por lo que no se puede demostrar que esté causando a la fecha algún problema de toxicidad. El tratamiento foliar se ubica en la última posición, incluso inferior al testigo; Campos, 1991 reporta que el utilizar aplicaciones foliares a esta dosis 0.25% presenta menor producción por efecto de subdosificación.

## CONCLUSIONES

Después de aplicar los diferentes tratamientos con zinc foliar y al suelo durante tres períodos no se presentan diferencias significativas respecto al tratamiento testigo para la localidad de Pérez Zeledón. Para Desamparados la dosis de 25 kg/ha presenta diferencias significativas luego de tres periodos de cosecha.

Los tratamientos foliares presentan un comportamiento similar en cuanto a tenor foliar y producción para la localidad de Pérez Zeledón. La respuesta a la aplicación de sulfatos de zinc al suelo depende de las condiciones de suelo y de clima para su disponibilidad en las plantas y su respuesta productiva no es inmediata para el caso de Desamparados necesitó 3 periodos de cosecha y para la localidad de Pérez Zeledón todavía no presenta buena respuesta aunque se ubica dentro de los mejores tratamientos. Los tratamientos con dosis superiores a 75 kg/ha de Sulfato de Zinc podrían estar causando algún efecto tóxico en la plantación.

De acuerdo con los resultados obtenidos es posible suprimir por periodos la aplicación de este microelemento, siempre y cuando se pueda dar seguimiento técnico a la plantación y puede ser posible la

aplicación tanto foliar y al suelo siempre y cuando se realice una valoración económica para tomar la mejor decisión.

## **BIBLIOGRAFIA**

- ANDRADE et al. 1974. Ocorencia de deficiencia de cobre em cafezaiz no espiritu santo, Bahia, Río de Janiero, Minas Gerais Ceora e Pernanbuco in z Congreso Brasileiro de Pesquisas Caffeiros IBC-EMBRAPA ed Río de Janiero.
- ASOCIACIÓN BRASILEIRA PARA PESQUISA DA POLASSA EDO FOSFATO, 1986. Cultura Do Caffeiro. Asociación Brasileira para pesquisa da polassa edo fosfato pira-sicabo S.P. Brasil. 448 p
- BERTSCH, F. 1985. La Fertilidad de Suelos y su Manejo. Asociación Costarricense de Ciencia del Suelo. San José, Costa Rica. 37 p.
- BORNEMIZA E. FASSBERNDER W. 1994. Químico de Suelos. IICA. San José, Costa Rica. 420 p.
- INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA. 1990. Informe Anual de Labores. San José, Costa Rica. 32 p.
- INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA. 1990. Informe Anual de Labores. San José, Costa Rica. 35 p.
- MALAVOLTA, E. et al. 1981. NUTRICAÇÃO E ADUBAÇÃO DO CAFEIEIRO. Instituto da Potassa y Fosfato. Instituto Internacional du Potassa. 224 p.
- MALAVOLTA, E. 1989. Seminario Taller sobre Nutrición Mineral del Cafeto. IICA-PROMECAFE. Antigua Guatemala.
- MEDICALF, J.C. et al. 1956. Aplicación de Quelatos Metalicos en los Cafetales. Nueva York (USA), IBEC Research Institute 28 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1951. Informe Preliminar sobre el Efecto de Zinc en la Corrección de Ciertas Formas de Crecimiento Anormal del Cafeto. Boletín Técnico N. 7. San José, Costa Rica. 9 p.
- MORTVEDT, J.J. et al. 1983. Micronutrientes en Agricultura Soil Science Society of América. INC III Edición. México D.F.



● **GÉNETICA  
Y MEJORAMIENTO**





## ESTABILIDAD DE PROGENIES SARCHIMOR HIBRIDOS CATUAI X SH<sub>2</sub> SH<sub>3</sub> Y RETROCRUZAMIENTOS CATUAI X ICATU

Arnold Pineda<sup>1</sup>  
Rodney Santacreo<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se condujo el presente estudio con la finalidad de evaluar materiales que reúnan características como estabilidad productiva, comportamiento agronómico y resistencia a la roya (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.); disponiendo entre el germoplasma genotipos con posibilidades de variabilidad genética en cuanto a formas de resistencia parcial o incompleta a la roya, resistencia o tolerancia a los nemátodos. El Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) introdujo en 1989, a través del Programa de Modernización de la Caficultura en México, Centroamérica y Caribe (PROMECAFE), procedente del Instituto Agronómico de Paraná (IAPAR), Brasil, siete descendencias avanzadas F5; producto de cuatro retrocruzas, Catuaí x Icatú, un híbrido Catuaí x SH<sub>2</sub> SH<sub>3</sub> y dos progenies Sarchimor, los cuales fueron comparados con los testigos comerciales Catuaí (susceptible a roya) e IHCAFE-90 (Catimor resistente). Se utilizó el diseño bloques completos al azar con 10 tratamientos (introducciones) y cuatro repeticiones.

La parcela experimental son de cinco plantas dispuestas linealmente en el surco, con distanciamiento de 2 m x 1 m. Las variables evaluadas durante siete años fueron: producción, vigor vegetativo antes y después de cosecha, porcentaje de grano vano, resistencia a la roya en el campo, porte, defectos y tamaño grano. Se realizó el análisis de varianza al 5%, para conocer el comportamiento de la producción a través de los años y acumulada de siete años cosecha. Se realizó además un análisis de estabilidad utilizando el programa SAS, Ver. 6.03 el cual logró identificar los materiales genéticos más estables para propósitos de selección. Las progenies que mostraron una mejor producción promedio acumulada en siete años cosecha fueron los materiales Catuaí x Icatú, específicamente las progenies PR-77054-

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo, Jefe Campo Experimental, La Fe, Ilama, Santa Bárbara, Honduras.

<sup>2</sup> Ing. Agrónomo, Coordinador Programa Mejoramiento Genético, IHCAFE, San Pedro Sula, Cortés, Honduras.

2817 y PR-77055-76-8, que para fines de mejoramiento son de gran importancia por su resistencia vertical a *H. vastatrix*, resistencia al nematodo *Meloidogyne exigua* y calidad de grano.

**Palabras clave:** *Hemileia vastatrix*, estabilidad, progenies, *Meloidogyne exigua*.

## INTRODUCCION

En nuestro país, las variedades cultivadas provienen exclusivamente de la especie *Coffea arabica*, que produce el café conocido como "Arabica" y que constituye el 70% del producto comercializado en el mercado internacional (Santacreo, 1997). Las variedades cultivadas comercialmente en Honduras son: Typica, Bourbon, Caturra, Catuaí, Villa Sarchí, Pacas; Catimores como Ihcafe-90 y la Lempira.

La especie *C. arabica*, se caracteriza por mejor apariencia del fruto, uniformidad en el tamaño de las semillas, película plateada clara y no adherida, torrefacción uniforme y bebida de mejor calidad; a diferencia del *C. canephora* (Variedad Robusta) que presenta semillas con mayor variabilidad en tamaño, película adherida de color marrón y bebida de aceptación y calidad menor.

Son muchos los trabajos de mejoramiento genético que se han efectuado en la búsqueda de un germoplasma que sea producto de un cruzamiento interespecífico, y como resultado de este esfuerzo

surge el material promisorio llamado Icatú.

Este material constituye un germoplasma bastante promisorio para fines de mejoramiento genético, por presentar elevada variabilidad genética (Fazuoli, *et al.* 1981) presentando grados variables de resistencia a las razas de roya (Boaventura *et al.* 1987), clasificada en el Centro de Investigaciones de la Roya del Café (CIFC), Portugal, dentro de los grupos A, E, N, 1-2-3, no bien definidas por observar reacciones inconscientes de resistencia (Eskes *et al.* 1987). Trabajos realizados en Brasil por Costa y Ribeiro (1975), aseveran que el Icatu no posee resistencia vertical hacia la roya y que es del tipo horizontal, considerado como una fuente potencial de resistencia a *Colletotrichum kahawae* (Carvalho *et al.* 1976) y algunas líneas parecen constituir una fuerte resistencial al nematodo *M. exigua* (Boaventura *et al.* 1987), *M. coffeicola* y *M. incógnita* (Fazuoli *et al.* 1978).

Las descendencias del híbrido Catuaí x SH<sub>2</sub> SH<sub>3</sub>, vienen demostrando alta productividad en

el Brasil, efectuándose comparaciones con los mejores materiales de Catuaí y Mundo Novo, el material PR-77040 y PR-77056 se destacó por su alta resistencia a roya; aunque con el apareamiento de nuevas razas su resistencia fue quebrada y disminuyó su interés en este sentido (SERA & Guerreiro, 1987).

La generación F2 derivada de los cafetos CICF 361/1 y CICF 361/4, se han mostrado como las más promisorias para productividad, vigor, uniformidad de maduración de frutos y resistencia a *H. vastatrix*; siendo la línea IAC-1669 de mayor productividad y adaptación a suelos de baja fertilidad después de 11 cosechas evaluadas. En 1975, el IAPAR, introdujo la generación F3 (LC1669 EP127 c 506) del Instituto Agronómico de Campinas, la cual la denominó IAPAR 75163 la que se destacó por las características agronómicas y resistencia a roya, sobresaliendo la línea IAPAR 75163-22, que después de su evaluación pasó a denominarse IAPAR 59, producto del cruce Villa Sarchí 971/10 x híbrido de Timor 832/2 (IAPAR, 1993).

El IHCAFE, a través de PROMECAFE introdujo varios materiales genéticos denominados sarchimores, procedentes del CATIE, Turrialba, Costa Rica, a partir de cafetos en F2 denomina-

dos T-5296, originarios del CIFIC-H361/4. Las descendencias en F3 están siendo estudiados por los diferentes países miembros de PROMECAFE, seleccionando el IHCAFE las líneas T-5296-170 y T-5296-184 por presentar uniformidad en el porte, buena productividad y estabilidad productiva (Santacreo 1997<sub>b</sub>); además de tener resistencia a *M. exigua*, (Macías, 1997) nemátodo presente en el Departamento de El Paraíso, que exigen dentro de una estrategia de mejoramiento la búsqueda de respuestas, no solamente a este problema, sino también con la posibilidad del apareamiento de nuevas formas mutantes de razas de roya que pueden vencer la resistencia de naturaleza vertical o completa; existente en los principales cultivares o selecciones. Es por esta razón que en cumplimiento a un plan general de mejoramiento de la planta del café se introdujo en 1989, a través de PROMECAFE, del IAPAR, siete germoplasmas en F5, conformadas por cuatro retrocruzas; Catuaí x Icatú, un híbrido catuaí x SH<sub>2</sub> SH<sub>3</sub> y dos progenies de Sarchimor; con el objetivo principal de evaluar su potencial y estabilidad productiva, comportamiento agronómico, resistencia a la roya *H. vastatrix* Berk, resistencia a *M. exigua*, además de tamaño y granulometría del grano, como su calidad en taza.

## MATERIALES Y METODOS

**Ubicación del experimento:** El presente trabajo se estableció en la localidad de Descombros, del Centro de Investigación y Capacitación Dr. "Jesús Aguilar Paz", del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), en la comunidad de La Fe, Ilama, Santa Bárbara, a 850 msnm.; temperatura media de 24.4 °C; precipitación de 2,302 mm.; con coordenadas geográficas de 4°59'1" latitud Norte y 88°3'0.5" longitud Oeste; con suelos deficientes en Magnesio y Zinc; con intercambio de bases de 90% y de textura franco arenosa. La humedad relativa es de 80%, correspondiendo a un bosque nublado en la clasificación de zonas de vida de Holdrige.

**Materiales a evaluar:** Se evaluaron siete descendencias avanzadas (F5), producto de cuatro retrocruzas Catuaí x Icatú, híbrido Catuaí X SH<sub>2</sub> SH<sub>3</sub> y dos progenies Sarchimor, introducidas al país en 1989, a través del PROMECAFE, procedentes del IAPAR, los que a su vez fueron comparadas con las variedades comerciales Catuaí (susceptible a la roya) e IHCAFE-90 (Resistente a la roya) como se describe en el cuadro 1.

**Manejo del experimento:** Se realizaron prácticas culturales y

fitosanitarias. La fertilización se realizó en base a un análisis de suelo, proporcionándose 248 kg N/ha/año, 57.24 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha/año; 70.3 kg de K<sub>2</sub>O/ha/año y 18.45 kg Mgo/ha/año, distribuidas en dos fertilizaciones anuales, completándose con aspersiones foliares de 6 cc de zinc quelatado por litro de agua, dos veces por año.

**Variables evaluadas:** Producción en tm/ha, vigor vegetativo en el campo evaluado en una escala subjetiva de 1 a 10 (antes y después de cosecha), porcentaje de grano vano para el cual se tomaban 10 cerezas y se sumergían en agua contando los flotantes (aquellos valores de 1 a 8% son aceptables), resistencia a la roya (*H. vastatrix*) en campo, severidad de otras enfermedades como ojo de gallo (*Mycena citricolor*), mancha de hierro (*Cercospora coffeicola*) en base a una escala subjetiva de 1 a 5, resistencia al nematodo (*M. exigua*), granulometría, tamaño de grano y calidad de taza.

**Tratamiento y diseño experimental.** El diseño experimental fue bloques al azar, con cuatro repeticiones, 10 tratamientos, una parcela experimental de cinco plantas lineales dentro del surco; con distanciamiento de 2 m x 1 m para densidad de 5,000 plantas/ha; utilizando sombra regulada

sembrada a 10 m x 10 m del género *Inga* sp.

**Análisis estadístico.** Se realizó el análisis de varianza para la variable producción con el paquete estadístico SAS, Versión 6.03 y una prueba de comparación de medias Duncan al  $P=0.01$  codificado para la obtención de un análisis de estabilidad por el modelo de Mandel (1961) y Cruz Medina (1992), citado por Osorio (1997). Este modelo nos permite separar

la suma de cuadrados de la interacción de dos sumas de cuadrados. La suma de cuadrado debido a las regresiones (SCP) y la otra suma de cuadrados de desvíos de regresión (SCDR) o suma de cuadrados residual.

La condición de estable o inestable se establece con las pruebas de hipótesis para las regresiones. Si las pruebas son significativas, indica que el genotipo es inestable y estable lo contrario (Osorio et al. 1997).

**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos evaluado.

Númer o Trat.	Número introd.	Descripción	Progenie	Origen	F
1.	IHC-486	Catuái x Icatú	PR-77053-5-3	IAC-H.9867 C.574	F5
2.	IHC-487	Catuái x Icatú	PR-77054-28-17	IAC-H.9878 C.582	F5
3.	IHC-488	Sarchimor	PR-75163-21-64	IAC-C.1669CP.127 C.506	F5
4.	IHC-489	Catuái x SH <sub>2</sub> SH <sub>3</sub>	IAPAR 77030-5-12	IAC-H.8792 C.755	F5
5.	IHC-490	Catuái x Icatú	PR-77055-34-6	IAC-H.9878 C.684	F5
6.	IHC-491	Sarchimor	PR-74010-11-11	IAC-C.1669 CP.127C.585	F5
7.	IHC-492	Catuái x Icatú	PR-74055-76-8	IAC-H.9878 C.684	F5
8.	IHC-152	Catimor	T-5175-549	CIFC H 26/13	F6
9.	IHC-142	Catuái C/Q*	Comercial		
10.	IHC-142	Catuái S/Q**	Comercial		

\*Catuái con tratamiento químico

\*\*Catuái sin tratamiento químico

F=Generación filial

## RESULTADOS Y DISCUSION

Las medias de producciones anuales en Tm/ha, se presentan en el (cuadro 2), registrados durante siete años cosecha (1992-1997). Al observar la producción, las prog-

enies que mostraron mejor rendimiento fueron: Catuái x Icatú PR-77054-28-17 con 4.38 Tm/ha; PR-74055-76-8 con 4.15 Tm/ha; PR 77053-5-3 con 4.13 Tm/ha; y el testigo Catimor T-5175-549 con 4.04 Tm/ha; no encontrándose

diferencias altamente significativas entre sí, al 1% de probabilidad; siendo el Catuaí x SH<sub>2</sub>SH<sub>3</sub> el menos productivo. El análisis de varianza de la producción en siete años cosecha, nos muestra diferencias altamente significativas entre los ambientes (años cosecha), genotipos y la interacción genotipo x año cosecha, indicando que los genotipos observaron comportamientos productivos diferentes entre años cosecha (cuadro 3).

El material Catuaí x Icatú PR-77054-28-17, resultó ser el más productivo, no obstante observa inestabilidad entre años cosecha, probablemente debido a su condición heterocigota para porte de planta. Sin embargo, dado su potencial productivo y resistencia al nematodo *M. exigua*, presente en la zona de El Paraíso (Macías, 1997) y posible resistencia parcial o incompleta a la roya *H. vastatrix*, ha permitido seleccionar la planta 63, homocigota para porte, la cual siguiendo el Plan Nacional de Mejoramiento Integrado de la planta de café fue cruzada con la

variedad Lempira buscando transferir (Raza II) genes de naturaleza vertical y mejorar la estabilidad de la resistencia a la roya; conservando características importantes como alto porcentaje de grano normal (81.16%) y tamaño de grano grande (64.92%) estabilidad productiva (Santacreo, 1997b). Otro material de interés también por su productividad y estabilidad productiva es la progenie Catuaí x Icatu PR-74055-76-8 aun cuando no presente resistencia a los nematodos, sin embargo observa características deseables como tamaño de grano normal (83.02%) y tamaño de grano grande (89.74%) y bajo porcentaje de fruto vano (3.7%).

La progenie PR-77053-5-3 no obstante haber observado alta productividad, presenta menos posibilidades de selección dado su condición heterocigota para porte y no resistencia a nematodos (Santacreo, 1997c), Macías, 1997) aun teniendo buen porcentaje de grano normal (84.98%) y grano grande (86.02).

**Cuadro 2.** Producciones promedio anuales de las progenies Catuaí x Icatú (F5) Catuaí x SH<sub>2</sub>, SH<sub>3</sub> (F5); Sarchimor (F5), versus los cultivares IHCAFE-90 y Catuaí-FF-90 (341). IHCAFE, Honduras, 1999.

Número	Progenie	Años cosecha							Promedio qq. p.s./mz.								
		1992		1993		1994		1995									
1.	PR-77053-5-3	2.40	ab	6.13	ab	4.56	ab	8.47	a	2.31	ab	0.71	a	4.35	a	4.13	ab
2.	PR-77054-28-17	3.54	ab	8.58	a	4.07	b	7.08	ab	2.69	ab	0.26	a	4.47	a	4.38	a
3.	PR-75163-21-64	1.64	dc	5.20	ab	3.62	b	4.36	d	3.03	ab	0.29	a	3.63	a	3.11	bc
4.	IAPAR 77030-5-12	1.19	d	5.03	ab	3.88	b	4.68	c	2.17	b	0.32	a	2.72	a	2.85	c
5.	PR-77055-34-6	1.94	bcd	5.69	ab	3.64	b	5.39	bcd	2.50	ab	0.41	a	4.36	a	3.41	abc
6.	PR-74010-11-11	2.85	abcd	4.27	b	4.53	ab	4.46	d	3.63	a	0.65	a	3.83	a	3.46	abc
7.	PR-74055-76-8	3.89	a	7.42	ab	4.20	ab	6.97	abc	2.08	b	0.19	a	4.35	a	4.15	ab
8.	T-5175-549	3.27	abc	5.58	ab	6.95	a	5.05	bcd	3.71	a	0.05	a	3.68	a	4.04	ab
9.	Catuaí C/Q*	2.01	bcd	6.21	ab	4.88	ab	4.88	bcd	2.52	ab	0.21	a	3.17	a	3.41	abc
10.	Catuaí S/Q**	1.33	d	6.66	ab	4.05	b	5.39	bcd	1.97	b	0.47	a	3.49	a	3.33	abc
.V. (%)		47.65		35.38		35.85		25.38		33.00		130.97		28.34		17.67	

\*Catuaí con tratamiento químico

\*\*Catuaí sin tratamiento químico

1/= Factor conversión cereza/pergamino seco=0.2160 (1 qq=100 lbs=45.45 kg 1 mz=0.7 ha).

\*\*Promedio seguido por la misma letra no difiere estadísticamente según la prueba de Duncan al 1% de probabilidad.

**Cuadro 3.** Resultados de análisis de varianza, de progenies Sarchimor, híbridos Catuaí x SH<sub>2</sub>, SH<sub>3</sub> y retrocruzas Catuaí x Icatú FF=90 (341), IHCAFE, Honduras, 1999.

Fuentes de variación	G.L.	F. Calculada	Prob. De F.
Ambiente (años)	6	116.61	0.0001**
Repetición	3	4.81	0.0030**
Error A	6	28.01	0.0001**
Genotipo	9	3.67	0.0003**
Interacción G x A	54	1.67	0.0063**
Pendientes	9	1.92346	0.072665 N.S.
Residual	45	1.44772	0.046481 N.S.
<b>Regresiones</b>			
*PR-77053-5-3	6	1.47	0.2360
PR-77054-28-17	6	7.61	0.0103* Inestable
PR-75163-21-64	6	2.72	0.1107
IAPAR 77030-5-12	6	4.43	0.0448 * Inestable
*PR-77055-34-6	6	1.35	2.2548
PR-74010-11-11	6	14.44	0.0008**Inestable
PR-74055-76-8	6	1.62	0.2143
T-5175-549	6	0.01	0.9351
Catuaí C/Q	6	0.01	0.9356
Catuaí S/Q	6	0.55	0.4665
<b>Desvíos de Regresión</b>			
*PR-77053-5-3	6	6.61207	0.00001
PR-77054-28-17	6	4.42644	0.00078
PR-75163-21-64	6	1.11476	0.35395
IAPAR 77030-5-12	6	0.69216	0.62996
*PR-77055-34-6	6	0.45492	0.80936
PR-74010-11-11	6	2.98565	0.01283
PR-74055-76-8	6	4.08346	0.00152
T-5175-549	6	9.13954	0.00000
Catuaí C/Q	6	1.09317	0.36559
Catuaí S/Q	6	1.97160	0.08466

Cuadro 4. Vigor vegetativo antes y después de cosecha; porcentaje de fruto vano y respuesta a la poda media de las progenies Catuai x Icatú (F5) Catuai x SH<sub>1</sub>, SH<sub>3</sub> (F5), Sarchimor (F); y los cultivares comerciales IHCAFE-90 y

No. Trat.	Progenie	Vigor vegetativo										Respuest a poda media 1996/97.			
		←					→								
		Antes de cosecha					Después de cosecha								
		1994	1997	1998	Prom.	1993	1994	1997	1998	Prom.	1992	93	94	Prom	
1.	PR-77053-5-3	7.2	5.9	6.1	6.4	7.5	9.3	7.3	5.6	7.4	2.7	4.6	5.6	4.3	5.9
2.	PR-77054-28-17	7.1	6.0	6.3	6.4	6.7	8.6	7.5	5.8	7.2	4.7	4.1	5.2	4.7	6.0
3.	PR-75163-21-64	6.6	5.1	5.8	5.8	6.5	7.0	7.6	5.2	6.6	2.5	6.6	1.9	3.7	5.1
4.	IAPAR 77030-5-12	6.6	5.4	6.2	6.0	6.2	7.6	7.5	5.5	6.7	3.9	7.1	11	7.3	5.4
5.	PR-77055-34-6	7.2	6.7	6.2	6.7	6.7	8.6	7.8	5.7	7.2	7.8	3.6	3.2	4.9	6.7
6.	PR-74010-11-11	7.0	6.1	6.1	6.4	6.4	7.9	7.2	5.6	6.8	5.5	1.6	4.0	3.7	6.1
7.	PR-74055-76-8	7.5	6.3	6.1	6.6	7.0	9.3	7.7	5.6	7.4	5	2.7	3.5	3.7	6.3
8.	T-5175-549	7.1	5.3	6.7	6.4	6.8	7.9	7.6	5.1	6.9	5.2	7.2	4.1	5.5	5.3
9.	Catuai C/Q*	6.5	5.8	5.7	6.0	6.5	7.4	7.6	5.0	6.6	4.8	3.5	4.0	4.1	5.8
10.	Catuai S/Q**	7.0	5.9	6.0	6.3	6.6	7.3	7.7	5.3	6.7	3.6	1.6	2.6	2.6	5.9

\*Catuai con tratamiento químico

\*\*Catuai sin tratamiento químico

Nota: Vigor vegetativo se mide en escala de 1 a 10, donde: 1= Planta muy raquítica, sin producción, defoliación severa y Die-Back acentuado, sin posibilidades de recuperación. 10=Planta excelente, bien formada, fenotipo de Canurra o característica de la variedad, bandolas bien desarrolladas, sana sin problemas nutricionales.

Poda se mide en la escala de 1-10 donde: 1= Planta que no emitió hijos (brotes). 10= Planta que emitió buen número de hijos de excelente desarrollo y aspecto muy vigoroso; tallos, ramas y hojas de tamaño normal y abundantes de aspecto compacto y uniforme, de color verde obscuro, exentas de síntomas de enfermedades. Su fructificación será excelente.

Fruto vano se mide en escala de 1 a 8. Plantas con rangos mayores a 8, es una planta que podría ser sujeta a descartarse dentro del programa de selección.



**Cuadro 5.** Porte de planta, grado de severidad de las enfermedades ojo de gallo (*M. citricolor*), Cercospora (*C. coffeicola*), resistencia a la roya (*H. vastatrix* Berk) de las progenies Catuai x Icatú (F5), Catuai x SH<sub>2</sub> SH<sub>3</sub> (F5), Sarchimor (F5), versus cultivares IHCAFE-90 y Catuai, FF-90 (341). IHCAFE, Honduras, 1999.

Número de trat.	Descripción	Progenies	Segregación (1)	Resistencia a la roya (TR) (2)	Severidad Ojo Gallo M. citricolor (3)	Severidad C. coffeicola (4)
1.	Catuai x Icatú	PR-77053-5-3	CT ct	R	2	1
2.	Catuai x Icatú	PR-77054-28-17	CT ct	R	1	1
3.	Sarchimor	PR-75163-21-64	CT CT	R	1	2
4.	Catuai x SH <sub>2</sub> SH <sub>3</sub>	IAPAR 77030-5-12	CT CT	R/S	1	1
5.	Catuai x Icatú	PR-77055-34-6	CT CT	R	1	1
6.	Sarchimor	PR-74010-11-11	ct ct	R	2	1
7.	Catuai x Icatú	PR-74055-76-8	CT CT	R	1	1
8.	IHCAFE-90	T-5175-549	CT CT	R	2	1
9.	Catuai C/Q	Comercial	CT CT	S	1	1
10.	Catuai S/Q	Comercial	CT CT	S	1	1

1. CT ct= altas y bajas, ct=altas; CT CT= bajas
2. TR= tipo reacción; R= Resistentes, S=Susceptibles; RS= Resistentes y susceptibles
3. Grado de incidencia en base a una escala del 1-5 1=libre de enfermedad 5=alta incidencia en hojas y frutos
4. Grado de incidencia en base a una escala del 1-7 1=libre de enfermedad 7=alta incidencia en hojas y frutos

**Cuadro 6.** Características granulométricas y defectos de grano de las progenies Catuái x Icatu (F5), Catuái x SH<sub>2</sub>, SH<sub>1</sub> (F5) y Sarchimor (F5), versus los cultivares IHCAFE-90 y Catuái FF-90 (341). IHCAFE, Honduras, 1999.

No. Trat	Descripción	Progenie	Formas de grano			% grano retenido zaranda	
			Caracol %	Triángulo 0 %	Monstruo %		
			Normal %	>17/64" <20/64"			
(1)	Catuái x Icatú	PR-77053-5-3	12.48	2.12	0.42	84.98	86.02
(2)	Catuái x Icatú	PR-77054-28-17	13.80	4.30	0.74	81.16	64.92
(3)	Sarchimor	PR-75163-21-64	11.34	3.84	0.44	84.38	49.24
(4)	Catuái x SH <sub>2</sub> SH <sub>3</sub>	IAPAR 77030-5-12	24.48	1.30	0.52	73.70	58.18
(5)	Catuái x Icatú	PR-77055-34-6	11.30	1.62	0.10	86.98	89.56
(6)	Sarchimor	PR-74010-11-11	23.24	1.32	0.36	75.08	88.54
(7)	Catuái x Icatú	PR-74055-76-8	14.90	1.74	0.34	83.02	89.74
(8)	IHCAFE-90	T-5175-549	15.20	3.34	1.20	80.26	33.52
(9)	Catuái C/Q	Comercial	10.36	3.94	0.28	85.42	82.60
(10)	Catuái S/Q	Comercial	12.26	3.86	0.74	94.14	69.40

Nota: La muestra se tomó en base a 500 gramos.

Fuente: Pineda, C.R. 1999, Pruebas de rendimiento.

Al comparar las características agronómicas (cuadro 4), los materiales Catuaí x Icatú, superan ligeramente en la media del vigor vegetativo a los Sarchimores y resto de materiales evaluados. En cuanto al porcentaje de grano vano, todas las progenies muestran valores promedio aceptables dentro del rango de la selección (1-8%) y muy similares a los testigos comerciales T-5175 (Ihcafe-90) y Catuaí. Es de hacer notar que todos estos materiales respondieron a la poda realizada en base a una escala de 1-10; en donde 1, es una planta con hijos raquíuticos y débil y 10 es una planta vigorosa y con buen número de hijos. En el (cuadro 5), se observa como el material seleccionado Catuaí x Icatú, mostró segregación para porte en dos de sus progenies PR-77054-28-17 y PR-77053-5-3 (CT ct) y el resto de los materiales homocigotas para porte (CT CT). Se evaluó la resistencia a la roya observada en el campo, no encontrándose indicios de la enfermedad en los siete años evaluados la presencia de este hongo, únicamente en el material Catuaí x SH<sub>2</sub> SH<sub>3</sub>, (IAPAR 77030-5-12), que muestra susceptibilidad (S) y Resistencia (R); el resto sarchimores, catimores y retrocruces Catuaí x Icatú, están libre de esta enfermedad. Mientras que la severidad de *C. coffeicola* y *M.*

*citricolor*, todas fueron ligeramente susceptibles bajo el ambiente evaluado.

En cuanto a formas de grano muestra valores aceptables dentro de los parámetros de selección; encontrándose poca diferencia entre las progenies evaluadas; talvés por tratarse de materiales avanzados en su selección (F5). Granulometría, puede observarse que en el % de grano retenido sobre la zaranda de 17/64", no hay mucha variación comparada con el cultivar Catuaí; no así con el catimor T-5175-549 que en esta zona evidenció poco porcentaje de grano retenido sobre zaranda >17/64" (Cuadro 6). Para el programa de post cosecha del IHCAFE, valores superiores al 80% sobre zaranda >17/64", son ideales, ya que forman lotes de granos grandes y homogéneos, cualidad está muy apreciada en los mercados Europeos. En países como Colombia hacen preparaciones de café "Excelso" con 90% de grano, retenido en zaranda superior a 19/64" (Carlos Pineda, com. Pers. IHCAFE, La Fe, Honduras, 1999).

## CONCLUSIONES

La progenie Catuaí x Icatu PR74055-76-8 con 4.15 Tm/ha; dado su potencial y estabilidad productiva, tamaño de grano nor-

mal (más del 80%) y calidad de taza, grano vano aceptable (3.7%), resistencia a roya *H. vastatrix* ® en siete años de evaluación, resistencia a *M. exigua* y posiblemente a otros parásitos; constituye un genotipo de mucho interés para el proceso de selección a corto y mediano plazo.

La progenie más productiva Catuaí x Icatu fue la PR77054-28-17 con 4.38 Tm/ha; en promedio de siete años cosecha, mostrando inestabilidad en la producción, posiblemente debido a su condición heterocigota para porte (CTCE), lo cual determinó la selección de la planta 63, que presenta homocigocidad para porte, bajo porcentaje de grano vano, tamaño de grano normal (más de 80%), calidad de taza (4.7%) resistencia a *M. exigua* ® y *H. vastatrix* ®, considerándose un progenitor de interés para futuros programas de selección e hibridación a mediano y largo plazo.

#### LITERATURA CITADA

BOAVENTURA, M.S.; DA CRUZ. 1987. Citogenética do híbrido interespecífico L. Var Bourbon X. *C. canephora* Pierre ex froehner Var Robusta (Linden, chev), que originou of café Icatu. Turrialba (IICA). p 171-178.

\_\_\_\_\_; MONACO, L.C.; VAN H.A.M.; 1976. Café Icatu como fonte de resistência a *Colletotrichum coffeanum*. Bragantia, revista científica do Instituto Agronômico do Estado Sao Paulo, Vólumen 35, Campina, Brasil. p 341-347.

\_\_\_\_\_; RIBEIRO I.J.A. 1975. Resistência a *Hemileia vastatrix* observada no café Icatu. In XI Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeiras. IBC, Curitiba, Paraná, Brasil. 113 p.

\_\_\_\_\_; LEVY, F. DE A. 1987. Análise genética a nível diploide, da resistência encontrada no café Icatu a *Hemileia vastatrix* primeiros resultados. In XIV Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeiras. Campinas, Brasil. p. 97-99.

\_\_\_\_\_; GALLO, P.B., CARVALHO, A.; COSTA W.M.; DA ROCHA; RIBEIRO, T.; 1981. Seleção do Café Icatu em Mococa. In IX Congresso Brasileiro de Pesquisas Cafeiras. Ministro do Industria Edocomercio. Instituto Brasileiro do Café. Brasil. p. 178.

\_\_\_\_\_; LORDELLO, R.A.; GUILHAUMON, F.; CORSI, T.; DA COSTA,

- W.M. 1978. Tolerancia de cafeeiros a nematoide *Meloidogyne incognita* em condicoes de campo. In XI congresso Brasileiro de Pesquisas Caffeiras. Ribeirão Preto, Brasil. p.. 246-248.
- INSTITUTO AGRONOMICO DE PARANA. 1993. Secretaría de Agricultura e do abastecimiento. Boletín Técnico, Café IAPAR 59. Londrina, Paraná, Brasil.
- INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ. 1999. Cuadros estadísticos del sector productor de café según comprobantes de compra estratificado por departamento de origen del café. Bolentín informativo. Tegucigalpa, Honduras. p. 2-3.
- OSEGUERA, F.A.; PERRIOT, J; JACQUET, M. 1997. Evaluación granulométrica y degustativa de II líneas con resistencia genética a la roya del cafeto, *Hemileia vastatrix* Berk et Br. In Memoria VI Seminario Nacional de Investigación y Transferencia en Caficultura: IHCAFE, Tegucigalpa, Honduras. p. 133-144.
- OSORIO, F.O.; VILLATORO, J.O.; SANTACREO, R. 1997. Análisis de ensayos regionales por el método de Mandel (1961) y Cruz Medina (1992), una herramienta para ser utilizada en experimentos con café (*Coffea* SIP). In Memoria XVIII Simposio Latinoamericano de Caficultura. San José, Costa Rica. p. 231-237.
- \_\_\_\_\_. 1997 a. Contribución del mejoramiento genético en el desarrollo tecnológico sostenible de la caficultura en Honduras. Instituto Hondureño del Café, Tegucigalpa, Honduras. p. 1-2.
- \_\_\_\_\_, 1997 c. Programa nacional de germoplasma principalmente de *Coffea arabica* resistente a los nematodos predominantes en Honduras. IHCAFE, Tegucigalpa, Honduras. p. 1-10.
- \_\_\_\_\_, 1996. Programa nacional de selección de variedades en Honduras.- Nuevas variedades con resistencia las plagas y enfermedades de importancia económica. IHCAFE, Tegucigalpa, Honduras. p. 1-9.
- \_\_\_\_\_, ACOSTA, J.R.; DAVIS, G.S. 1997 b. Productividad y estabilidad progenies Sarchimor, híbridos Catuaí x SH<sub>2</sub>, SH<sub>3</sub> y retrocruzamiento Catuaí x Icatú. Avances técnicos de tres años

- cosecha. *In Memoria VI Seminario Nacional de Investigación y Transferencia en Caficultura*. IHCAFE, Tegucigalpa, Honduras. p. 322-331.
- SERA, T.; GUERREIRO, A. 1987. Comportamiento de progenies de Caffeiros compactos de Catimor e Catuaí x SH<sub>2</sub>, SH<sub>3</sub>, SH<sub>4</sub> en Londrina, Paraná. *In Memoria XIV Congresso Brasileiro de Pesquisas Caffeiras*. I Congresso Latinoamericano de Tecnología Caffeira. Campinas, Brasil. p. 76-77.
- MACIAS, T.N. 1997. Evaluación de resistencia de progenies Sarchimor y de híbridos Catuaí x Icatú al nemátodo nodulador *Meloidogyne exigua*. *In Memoria VI Seminario Nacional de Investigación y Transferencia en Caficultura*. IHCAFE, Tegucigalpa, Honduras. p. 290-295.

**EVALUACION DE LA RESISTENCIA EN EL CAMPO  
A *Meloidogyne exigua* DE PROGENIES SARCHIMOR  
Y RETROCUCES CATUAI X ICATU  
EN EL PARAISO, HONDURAS.**

*Héctor Rogelio Zelaya Escoto<sup>1</sup>*  
*Rodney Santacreo<sup>2</sup>*

**RESUMEN**

Se presentan los resultados de la evaluación de líneas de Sarchimor y retrocruces Catuaí x Icatú (F5), en una zona infestada de nematodos, con el objetivo de evaluar en condiciones de campo, el comportamiento de las mismas al ataque de *Meloidogyne exigua*. El germoplasma evaluado consistió en dos progenies Sarchimor T-5296 F3; ocho Progenies Sarchimor IHC-421; cuatro descendencias híbridas F5 (Catuaí x Icatú) comparadas con los testigos Catuaí (IHC-311 y IHC 313) Villa Sarchí e Ihcafe-90, el estudio se desarrolló en la Zona de Las Limas, Alauca, El Paraíso. Se utilizó el diseño Bloques completos al Azar, con cuatro repeticiones y 18 tratamientos, la parcela experimental de 10 plantas, con distanciamiento de siembra de 2x1 m (5000 plantas/ha). Durante dos años cosecha se evaluaron los parámetros producción registrada en kilogramos uva por parcela, que para efectos de análisis se transformó en quintales pergamino seco por manzana (qq ps/mz) utilizando el factor de conversión 0.2160; Vigor vegetativo antes y después de cosecha, % de grano vano y el número de nemátodos por 25 g de raíz (dos muestreos), la primera lectura detectó diferencias altamente significativa entre tratamientos, comportándose como uno de los mejores la progenie PR- 77054-28-17, seguido de los materiales T-5296-184 y T-5296-170, por el contrario los tratamientos que se comportaron mas susceptibles, fueron villa Sarchí, el PR-74010-11-11 y el Ihcafe-90 en la segunda lectura no se encontró diferencia estadística, aunque las menores poblaciones las presentaron la progenie PR-7513-21-

<sup>1</sup> Ing. Agr. Jefe de Zona Experimental, IHCAFE, El Paraíso. Ihcafe divagri @ hondudata. Com.

<sup>2</sup> Ing. Agr. Coordinador Programa de Mejoramiento Genético. IHCAFE, apdo postal 329, fax 552-2732, San Pedro Sula, Cortés, Honduras.

64, seguido de los dos Sarchimores T-5296-170 y 184 siendo evidente una mayor incidencia poblacional de nematodos en la primera lectura registrada en el mes de diciembre, inmediatamente después del invierno de 1998, es por ello, que un análisis combinado del número de nemátodos reflejó que los genotipos con mayor resistencia ó tolerancia incluyendo ambas lecturas fueron: el cruce Catuai x Icatu PR-77054-28-17 y las líneas Sarchimor T-5296-184 y T-5296-170, los que se presentan como una posible alternativa contra el problema de los nemátodos en el Departamento de El Paraíso.

**Palabras Clave:** Germoplasma, Nematodo, Sarchimor

## INTRODUCCION

El Departamento de El Paraíso, es el mayor productor de café en el país, cubriendo un área de 69,591 manzanas cultivadas y una producción estimada en 54,8537 qq oro (IHCAFE 1996)

La detección de altos niveles de infestación de nematodos en zonas cafetaleras de el Paraíso es motivo de preocupación, ya que estos microorganismos de difícil control, se suman a otros problemas fitosanitarios existentes: Roya , Broca etc. En Brasil Lordello (1981) menciona que la producción se reduce aproximadamente en un 20% y en algunos casos, donde el nematodo tiene buenas condiciones de desarrollo puede llegar a destruir las plantas. Así mismo, Colber citado por Avendaño *et al.* (1987), indica que estos organismos pueden causar hasta un 70% de reducción en el rendimiento de los cafetos. Macias (1999, sin publicar), en un trabajo realizado en el depto. de El

Paraíso, encontró que de 1041 muestras realizadas en cinco municipios, el 60% de las mismas pertenecen al género *Pratylenchus* sp y un 6% a *Meloidogyne exigua*, con la diferencia que las poblaciones de *Pratylenchus* sp. eran bajas.

La presencia de esta plaga a lo largo de las zonas cafetaleras, frontera con la hermana republica de Nicaragua, hace suponer que el inóculo provino de este país, transportado en el calzado por la afluencia de personas que huían de la guerra que sufría ese país y personal de corte del fruto (corteros), en los años 1979-80. El control químico es una alternativa, pero además de oneroso, es altamente contaminante para el ambiente y no siempre efectivo, En Guatemala recomiendan el control químico a nivel de vivero y en el campo definitivo hasta que llegue a la primer cosecha comercial; incluso a materiales resistentes, esto reduce el número de plantas a



resembrar y prepara a la planta a luchar por si misma contra los nematodos, con un sistema de raíces bien desarrollado (Ansuetto citado por Santacreo, 1997).

El cultivo de variedades resistentes, es uno de los métodos mas eficaces, económicos y en armonía con la protección ambiental. Varias progenies del cruzamiento entre *Coffea arabica* cv Villa Sarchí 97/10 y el Híbrido de Timor CIFIC 832/2, conocido como Sarchimor, así como diferentes descendencias F3, estan siendo evaluadas en varios países agrupados en PROMECAFÉ, En Honduras el IHCAFE ha seleccionado las líneas T-5296-170 y T-5296-184 (f3), por presentar uniformidad para porte, buena productividad, vigor y resistencia a *Meloidogyne exigua* ( Santacreo, 1997).

El objetivo del presente trabajo es evaluar en condiciones de campo el comportamiento de líneas (F3) de Sarchimor y progenies (F5) (Catuaí x Icatú ) al ataque de *M. exigua*, en una zona infestada por nematodos en El Paraíso

## **MATERIALES Y METODOS**

### **Ubicación del Estudio**

El experimento se realizó en la zona de las Limas, Alauca, El Paraíso, Honduras a 950 msnm, tempe-

ratura promedio cercana a 28 °c y precipitación pluvial aproximada de 1500 mm al año.

Se seleccionó un lote de café infestado por *M. exigua*, previo a su establecimiento, se realizó un muestreo, con el fin de determinar la uniformidad de la infestación, encontrándose que estaba de forma agregada o en parches, por lo que se procedió a inocular con raíces infectadas en dosis de 5 g por planta.

### **Germoplasma Evaluado:**

El germoplasma evaluado consistió en dos progenies Sarchimor T-5296 F3 de CIFIC 361/4 (Villa Sarchí CIFIC 971/10 x Híbrido de Timor CIFIC 832/2); 6 progenies Sarchimor IHC-421, introducido del Instituto Agronómico de Campinas Brasil, pero sin descripción filial y 2 Progenies Sarchimor procedente de Paraná, Brasil, las primeras corresponden a selecciones en el Centro Experimental La Fe, en el Experimento FF-86(220) y la segunda a selecciones en el Centro Experimental Los Linderos, en el Ensayo FS-80(98). Además se incluyen 4 descendencias híbridas F5 Catuaí x Icatú, comparadas con los testigos Catuaí (IHC-311 e IHC-313) líneas seleccionadas en el Centro Experimental Las Lagunas y los cultivares comerciales Villa Sarchí e Ihcafe-90.

### Manejo del Experimento

Las plantas del vivero utilizado para este trabajo fue traído del Centro Experimental Dr. Jesús Aguilar Paz, La Fé Ilama Santa Bárbara, correspondiente a germoplasma en proceso de selección por el Programa de Mejoramiento Genético.

El ensayo se sembró a una distancia de 2x1 m (3500 plantas / mz.), como sombra se utilizó Musáceas, a una distancia de 5m, al segundo año de establecido se sembró plantas de *Ingas* a una distancia de 8m, se realizaron dos fertilizaciones por año según recomendaciones del

laboratorio del IHCAFE, complementadas con aplicaciones foliares cada tres meses, el control de malezas se realizó cuando fue necesario.

### Tratamiento y Diseño Experimental.

Se utilizó un Diseño Bloques Completamente al Azar, con cuatro repeticiones y 18 tratamientos, la parcela útil estuvo constituida por 10 plantas para evaluar el rendimiento (kg-uva por tratamiento) y por las 6 plantas centrales de la parcela para el muestreo de las poblaciones de nematodos.

### Los tratamientos evaluados son los siguientes

No.	Tratamientos	Genealogía
1.	Sarchimor, Campinas, Brasil	IAC - 128
2.	Sarchimor, Campinas, Brasil	IAC - 38
3.	Sarchimor, Campinas, Brasil	IAC - 195
4.	Sarchimor, Campinas, Brasil	IAC - 36
5.	Sarchimor, Campinas, Brasil	IAC - 126
6.	Sarchimor, Campinas, Brasil	IAC - 298
7.	Sarchimor, Selección Linderos	T-5296 - 170
8.	Sarchimor, Selección Linderos	T-5296 - 184
9.	Sarchimor, Paraná, Brasil	PR-74010-11-11
10.	Sarchimor, Paraná, Brasil	PR-75163-21-64
11.	(Catuai x Icatú) F5	F5 PR-77053 - 5- 3
12.	(Catuai x Icatú) F5	F5 PR-77055 - 76- 8
13.	(Catuai x Icatú) F5	F5 PR-77055 - 34- 6
14.	(Catuai x Icatú) F5	F5 PR-77954 - 28-17
15.	Villa Sarchí	Variedad comercial
16.	Línea Catuai, Selección, Marcala	IHC- 311
17.	Línea Catuai, Selección, Marcala	IHC- 313
18.	IHCAFE- 90	HW26/13

### Variables Evaluadas:

#### a) Población:

Se evaluó en base a muestreos de 25 g. de raíz, que para efectos análisis se transformo a  $\bar{O}x+1$  (Huevos y larvas) realizándose dos

lecturas: la primera inmediatamente a la salida de la época lluviosa (Diciembre 1998) y una segunda lectura en la estación seca (Marzo 1999). La extracción se realizó por medio del método de doble centrifugación

**b) Diámetro de Tallo**

La lectura se realizó a una altura de 10 cm. de la base del tallo, a 6 plantas centrales de las 10 de la parcela, utilizando el “vernier”

**c) Altura de Planta**

Se realizó por una ocasión al tercer año de su establecimiento, para ello se necesitó una cinta graduada en cm; tomándose desde la base del tallo ortotrópico hasta el ápice, a las 6 plantas centrales de la parcela.

**d) Vigor Vegetativo**

Se realizó previo y después de cada cosecha, utilizando para ello una escala de 1 a 10, donde 10 es una planta bien conformada, bandolas desarrolladas y una buena producción y el 1, una planta agotada, sin producción, con defoliación severa y sin posibilidades de recuperación.

**e) Grano Vano**

Se realizó a partir de la segunda recolección, en donde por cada progenie se colectaban cien cerezas maduras y sanas, depositándolas en un recipiente con agua, el porcentaje de grano vano fue dado por el

número de cerezas flotantes.

**f) Rendimiento**

Registrada en kg-uva por parcela utilizándose el factor conversión de 0.2160 para transformar los datos a qq p.s / mz.

**g) Índice de Susceptibilidad Hospedera (ISH)**

El cual se define como la relación del número de huevos del tratamiento entre número de huevos del testigo por 100.

**RESULTADOS Y DISCUSION**

El análisis de varianza combinado para los parámetros evaluados, observó diferencia altamente significativa al 1% entre tratamientos, lo que indica diferencias entre progenies, esta misma significancia se encontró para las dos lecturas y la interacción progenie x lectura (cuadro 1), lo que evidencia que existió efecto de la época de muestreo, debido posiblemente a la época seca y la deshidratación de la planta en verano, que reducen la población de nemátodos.

**Cuadro 1.** Análisis de varianza combinado de las dos lecturas del número de huevos / 25 g de raíz. (datos transformados a  $\bar{O}x+1$ )..Estudio de progenies resistentes a *M .exigua* .

F de V	GL	S C	CM	Pr > F
Bloques	3	32400.47	10800.159	0.1776
Progenie	17	1447543.92	85149.64	0.0001 **
Lecturas	1	1355795.31	1355795.31	0.0001 **
Prog x lecturas	17	570534.72	33560.86	0.0001 **

\*\* Diferencia altamente significativa al 1%

Lo anterior se confirma con el análisis practicado a las variables huevos por g. de raíz e I S H por lectura, donde se observa diferencia significativa al 1% en ambas lecturas entre las progenies con un coeficiente de variabilidad (CV.) de 37% y 15% y un R2 de 81% para

la primer lectura de las dos variables, para la segunda lectura el R2 fue de 51% para ambas variables analizadas, siendo los valores del C.V mas bajos y consistentes en la primera lectura en comparación a la segunda (77% y 46 % respectivamente) ( cuadro 2).

**Cuadro 2.** Análisis de varianza de las variables número de huevos/ 25 g. de raíz ( datos transformados a  $\sqrt{x+1}$ ) e índice de susceptibilidad hospedera. Estudio de la evaluación de progenies resistentes a *M. Exigua*.

Fuente de Variación	G.L.	Huevos/ g. De raíz		I S H		PROMEDIOS	
		PR > F	PR > F	PR > F	PR > F	Huevos/gr raíz	ISH Huevos
		Lectura 1	Lectura 2	Lectura 1	Lectura 2		
Bloques	3	0.0189 **	0.4529 NS	0.0029 **	0.0054 NS	0.1776 NS	0.0003 **
Progenie	17	0.0001 **	0.0016 **	0.0001 **	0.0111 **	0.0001 **	0.0001 **
C V		37.02	76.91	14.98	45.93	49.34	36.57
R2		0.8082	0.5070	0.8138	0.5117	0.8339	0.5424.

\*\* Significativo al 1% de probabilidad por la prueba F

\* Índice de susceptibilidad hospedero

Al establecer la comparación de medias de los de los tratamientos para cada una de las variables mencionadas se puede observar que las líneas, Sarchimor seleccionadas T- 5296-184, T-5296-170 y PR-75163-21-64 y los retrocruces Catuá x Icatú (F5) PR- 77054-28-17 y PR- 77053-5-3 observaron mayor consistencia en resistencia al nematodo *M. exigua*, en cuanto al número de huevos por gramo de raíz e índice de susceptibilidad hospedera para huevos, según la escala de Lima et al (1987) adaptada de Taylor & Sasser, considerándose como materiales inmunes, el resto de las progenies fueron susceptibles.(Cuadro 3, fig. 1 y 2). Los resultados obtenidos coinciden con pruebas efectuadas a algunos de estos materiales a nivel

de invernadero por Macias (1997). Estudios realizados en Guatemala con híbridos *C. canephora* var Robusta, de los materiales T3751(1-2) y T3561(2-1) observaron un buen nivel de resistencia al nemátodo *Meloidogyne sp*, sin embargo estos mismos material es mostraron reducciones del 55% y 57 % de su peso fresco total respectivamente. La variedad porta injerto Nemaya resultado del cruce de estas dos progenitores a observado un incremento en la resistencia de *Meloidogyne sp*. y se espera tener un 80% de plantas resistentes a nivel de campo a las especies de de Guatemala y El Salvador y un 100% a las especies de Costa Rica, Nicaragua y Honduras (Grupo Técnico PROMECAFE. Anacafé 1996)

**Cuadro 3** Promedios del Número de huevos de *M. Exigua*/ g de raíz e Índice de susceptibilidad hospedera a las progenies evaluadas Programa de Mejoramiento Genético, IHCAFE, HONDURAS.

No.	Tratamiento	Huevos / g de Raíz			ISH.H *		Promedio	Reacción de Resistencia **		
		1a. Lectura	2da. Lectura	Promedio	1a. Lectura	Sda. Lectura				
1	IAC-128	3449	ab	198	ab	1295.0	78.7	126.9	102.0	S
2	IAC-38	5320	ab	456	a	1966.0	84.7	356.2	220.4	S
3	IAC-195	5264	ab	304	ab	1971.0	113.05	226.7	169.9	S
4	IAC-36	5662	a	176	ab	1857.0	114.8	104.5	109.7	S
5	IAC-126	4327	ab	372	a	1635.0	82.5	220.0	151.3	S
6	IAC-298	5780	a	1602	a	2582.0	116.4	130.3	709.7	S
7	T-5296-170	0	c	0	b	0	0	0	0	I
8	T-5296-184	0	c	0	b	0	0	0	0	I
9	PR-74010-11-11	8252	a	444	a	2820.0	134.5	261.5	198.0	S
10	PR-75163-21-64	0	c	0	b	0	0	0	0	I
11	PR-77053-3-53	0	c	0	b	0	0	0	0	I
12	PR-77055-76-8	1984	b	116	ab	665.0	105.9	76.2	91.05	S
13	PR-77055-34-6	6072	a	244	ab	1965.0	88.9	133.7	111.33	S
14	PR-77054-28-17	0	c	0	b	0	0	0	0	I
15	Villa Sarchí	8536	a	206	ab	2674.0	146.5	111.9	129.2	S
16	Catuaí-311	4608	ab	606	a	1838.0	76.3	362.2	219.3	S
17	Catuaí-313	4784	ab	172	ab	1519.0	74.2	115.7	95.0	S
18	IHCAFE-90	7152	a	428	a	2389.0	100	100	100	S

\* Índice de Susceptibilidad Hospedera

\*\* I= Inmune, S= Susceptible  
\*Letras iguales en la misma columna no presenta diferencias significativas, según prueba de Duncan al 0.05 de probabilidad.

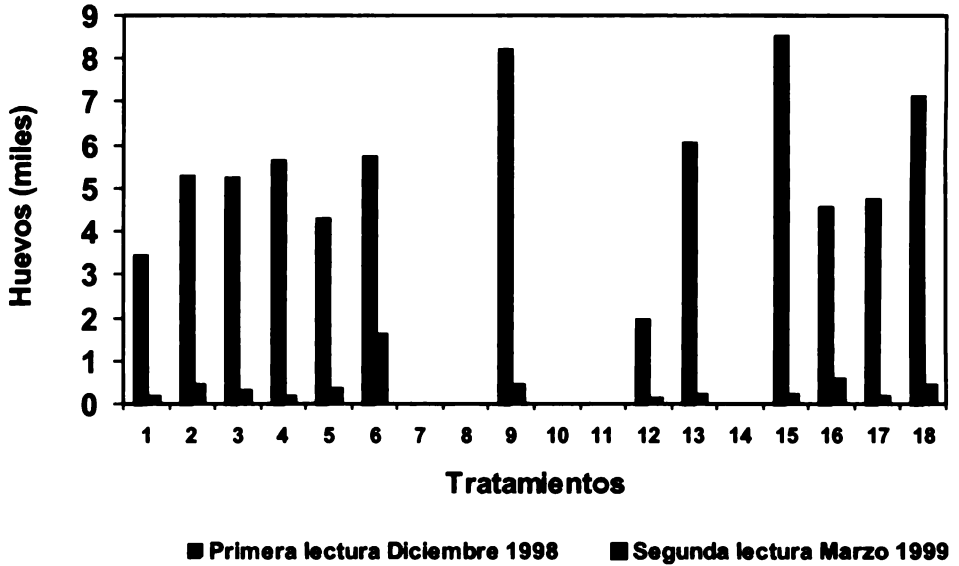


Figura 1. Número de huevos por g. de raíz en la primera y segunda lectura en germoplasma Sarchimor y retrocruzas Catauá x Icatú.

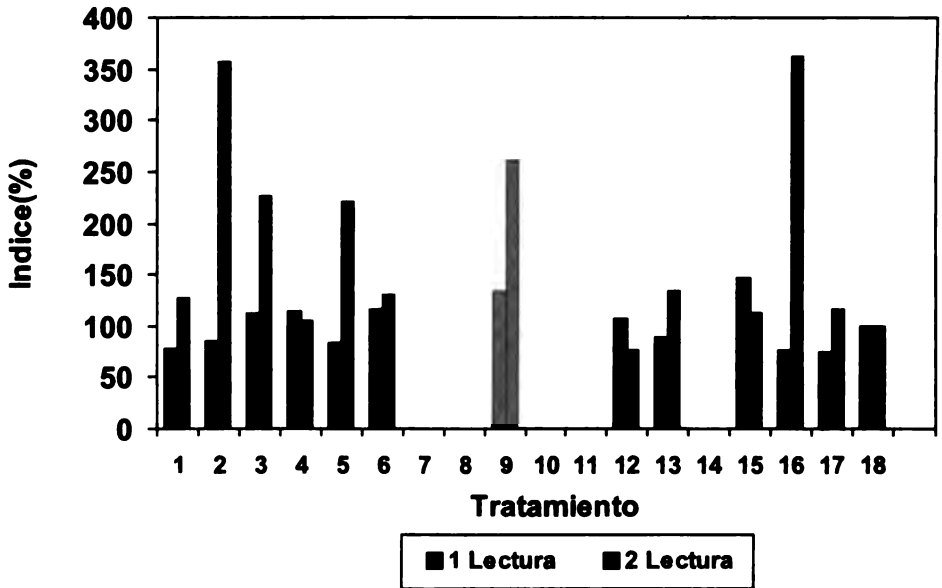


Figura 2. Índice de susceptibilidad hospedera en dos lecturas.

En el cuadro 4, se presentan las producciones registradas de las dos cosechas (1996/1997 y 1997/1998) en qq p.s./mz, vigor vegetativo de ambos años y el porcentaje de grano vano. Aunque no hubo diferencia significativa entre las producciones, las progenies que registraron los mayores rendimientos fueron el Sarchimor IAC-128 y el Catuaí x Icatú PR-77054-28-17, esta progenie ya había sido evaluada por Santacreo (1997), seleccionandola como una progenie promisoría por su alta productividad y vigor, las menores producciones fueron registradas por el villa sarchí y el IAC-298

El desarrollo de las progenies evaluadas no se vió afectado significativamente por las poblaciones de *M. Exigua*, como se observa en el cuadro 4 y 5, en donde todos presentaron un vigor vegetativo con valores arriba de 7, así mismo un comportamiento similar fue observado para otras características agronómicas como ser altura y diámetro de tallo, lo que confirma

que la especie *exigua* no es muy virulenta como las especies prevalecientes en Guatemala, Costa Rica entre otras, (Luc villain *et al.* 1999). En relación al porcentaje de grano vano todas las progenies anduvieron dentro del rango de las variedades comerciales (0-8 %), a excepción del Sarchimor IAC-36 y del cruce Catuaí x Icatú PR-77055-34-6, que presentaron valores de 9 y 10.4 % respectivamente.

Se observó que las retrocruzas PR-77054-28-'17 y PR-77053-5-3 y el Sarchimor IAC-195 segregaron para porte (Ctct), el resto de los materiales evaluados se mostraron homocigotas para porte bajo (CTCT). En relación a la resistencia a la roya, a excepción de las variedades comerciales los demás materiales mantienen su resistencia a esta enfermedad. Aplicando una escala arbitraria del 1 al 5, para evaluar *Cercospora* sp todos los materiales anduvieron levemente arriba del grado 2 (Baja incidencia en hojas, cuadro 5).

Cuadro 4. Producción anual, vigor vegetativo y porcentaje de grano vano.-estudio de evaluación de la resistencia en el campo de Sarchimores y retrocruces Catauf x Icatú ( F5) al nemátodo *Meloidogyne exigua*.

No	Progenie	Año cosecha			Vigor D. C.			% Grano Vano		
		1997	1998	Promedio.	1997	1998	Promedio	1997	1998	promedio
1	Sarchimor Campinas Brasil IAC-128	qq ps/mz 11.6	qq ps/mz 19.8	qq ps/mz 15.7	1997 7.8	1998 7.6	Promedio 7.7	1997 7.3	1998 7.0	promedio 7.2
2	Sarchimor Campinas Brasil IAC-38	8.0	14.0	11.0	7.8	7.8	7.8	6.3	3.0	4.7
3	Sarchimor Campinas Brasil IAC-195	6.5	14.0	10.3	7.6	8.0	7.8	5.3	5.5	5.4
4	Sarchimor Campinas Brasil -IAC-36	11.5	15.3	13.4	7.5	7.9	7.7	7.0	11.0	9.0
5	Sarchimor Campinas Brasil-IAC-126	8.0	15.8	12.0	7.3	7.5	7.4	4.3	2.5	3.4
6	Sarchimor Campinas Brasil IAC-298	6.5	12.3	9.4	7.3	7.4	7.4	7.3	4.5	6.0
7	Sarchimor Seleccion Linderos T-5296-84	9.8	15.5	12.6	7.3	7.5	7.4	4.0	3.5	3.8
8	Sarchimor Seleccion Linderos T-5296-170	12.5	14.61	13.5	7.3	7.5	7.4	2.7	2.0	2.4
9	Sarchimor Paraná Brasil PR-74010-11-11	7.2	10.8	9.0	6.6	7.6	7.1	11.3	2.5	7.0
10	Sarchimor Paraná Brasil -PR-75163-2164	8.2	13.3	10.7	6.9	7.6	7.3	5.0	3.5	4.3
11	Catauf x Icatú-(F5)PR-77053-5-3	11.2	10.5	10.8	7.3	7.5	7.4	8.7	2.5	5.6
12	Catauf x Icatú-(F5)-77055-76-8	7.8	17.0	12.4	7.6	7.8	7.7	9.0	5.5	7.3
13	Catauf x Icatú (F5)-PR-77055-34-6	9.0	12.9	11.0	7.4	7.4	7.4	15.3	5.5	10.4
14	Catauf x Icatú (F5)-77054-28-17	12.8	16.7	14.7	7.6	7.5	7.6	6.7	5.0	5.8
15	Villa sarchi	7.8	7.6	7.6	6.8	7.1	7.0	5.7	2.0	3.9
16	Linea Catauf IHC-311	8.5	9.1	8.8	7.0	7.1	7.0	6.0	5.0	5.5
17	Linea Catauf IHC-313	10.6	10.3	10.5	6.9	7.6	7.3	9.0	3.5	6.3
18	IHCAFE-90	12.5	14.2	13.4	6.9	6.9	7.0	5.3	6.0	5.7

DC. Despues de cosecha ( Escala 1-10 )

1 / Factor de conversion cereza/ perg.seco 0.2160



Cuadro 5. Diámetro de tallo, altura y porte de planta, resistencia a roya y *Cercospora* estudio de evaluación de la resistencia en el campo de líneas

No	DESCRIPCION PROGENIE	Altura de Planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Segregación para porte (1)	Color de Erote	Resistencia a Roya (2)	Resistencia a <i>Cercospora</i> (3)
1	Sarchimor IAC-128	1.8	3.07	CT CT	V B	R	2.0
2	Sarchimor IAC-38	1.7	2.87	CT CT	V B	R	2.4
3	Sarchimor IAC-195	1.7	2.68	CT ct	V B	R	2.0
4	Sarchimor IAC-36	1.8	2.82	CT CT	V	R	2.0
5	Sarchimor IAC-126	1.7	2.63	CT CT	V	R	2.4
6	Sarchimor IAC-298	1.8	2.72	CT CT	V	R	2.3
7	Sarchimor T-5296-184	1.7	2.62	CT CT	V	R	2.3
8	Sarchimor T-5296-170	1.8	2.56	CT CT	V	R	2.0
9	Sarchimor PR-74010-11-11	1.4	2.70	CT CT	V B	R	2.0
10	Sarchimor PR-75163-21-64	1.6	2.76	CT CT	V B	R	2.4
11	Catuaí x Icatú PR-77053-5-3	1.7	2.35	CT ct	V B	R	2.7
12	Catuaí x Icatú PR-77055-76-8	1.8	2.58	CT CT	V B	R	2.3
13	Catuaí x Icatú PR-77055-34-6	1.7	2.60	CT CT	V B	R	2.0
14	Catuaí x Icatú PR-77954-28-17	1.9	2.77	CT ct	V B	R	2.0
15	Villa Sarchi Comercial	1.5	2.28	CT CT	V	S	2.4
16	Catuaí-IHC-311 Comercial	1.6	2.41	CT CT	V	S	2.0
17	Catuaí-IHC-313 Comercial	1.7	2.49	CT CT	V B	S	2.0
18	IHCAFE-90 Comercial	1.8	2.59	CT CT	B	R	2.0

B=Bronceado S= Suceptible CTCT= Porte Bajo (3)= Escala arbitraria: 1= Libre de enfermedad.  
V=Verde V B=Verde-Bronceado R= Resistente Ct ct= Altos y Bajos 5=Incidencia alta en frutos y hojas

Sarchimor y retrocruces Catuaí x Icatú (F5) al nemátodo *Meloidogyne exigua*.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de este estudio confirman el grado de inmunidad o resistencia a *Meloidogyne exigua* de las líneas Sarchimor T- 5296-184, T-5296-170 y PR-75163-21-64 y las retrocruzas (F5) Catuaí X Icatú: PR -77054-28-17 y PR-77053-5-3, las que representan una alternativa valiosa para dar respuesta al problema de los nemátodos en el departamento de El Paraíso.

Se sugiere corregir la condición heterocigota para porte de la progenie PR-77054-28-17 y hacer pruebas de calidad de bebida, comportamiento agronómico y adaptabilidad, a las progenies seleccionadas como promisorias. Se recomienda establecer parcelas de validación con las líneas Sarchimor T5296-184 y T-5296-170 seleccionadas por el Programa de Mejoramiento Genético, por su tamaño grande de grano, características agronómicas, productividad y adaptabilidad en las zonas de Trojes, Las Flores de el Paraíso, Danlí y Alauca infestadas por nemátodos en el departamento de El Paraíso.

Debido a la resiente verificación de la presencia y predominio del

género *Pratilenchus sp*, se recomienda confrontar los materiales seleccionados por su resistencia en el campo a *M. exigua*, a diferentes poblaciones de *Pratilenchus sp*.

Ejercer un control legal y cuarentenario, sobre el transporte de material vegetal tanto de café, Musáceas y de suelo, de la región de El Paraíso hacia otras regiones cafetaleras del país.

## BIBLIOGRAFIA

- AVENDAÑO, L. 1987. Evaluación de la resistencia de cinco clones de *Coffea canephora* cv. robusta, al ataque de dos poblaciones de *Meloidogyne exigua* (Goeldi, 1987). Tesis Ingeniero Agrónomo, Escuela de Ciencias Agrarias, Heredia, Costa Rica, 61p.
- AGUILAR, G.; BERTRAND, B.; ANTONY, F. 1997. Comportamiento Agronómico y resistencia a los principales plagas de diferentes variedades derivadas del Híbrido de Timor: Noticiero del café de Costa Rica.No. 94-95. ISSN 108-421 x 8 p.
- BERTRAND, B.; AGUILAR, G.; SANTACREO, R;

- ANZUETO, F. 1999. El Mejoramiento Genético en América Central.- Desafíos de la Caficultura en Centroamérica.- CIRAD / IRD / IICA-PROMECAFE. San José, Costa Rica. Cap.12. p. 407-456
- GRUPO TECNICO PROMECAFE, ANACAFE. 1996. Proyecto Regional de Resistencia a los Nematodos del Café de Centro América, PROMECAFE-IICA-CATIE / CIRAD (FRANCIA) S/P
- INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFE, 1996 Registro Nacional de productores de café, Tegucigalpa. M.C.D Honduras. 17 p.
- LIMA, M. M., GONCALVES, W., & FASUOLI, C.C. 1987. Evauação da resistencia de seleções de *Coffea canephora* e *C. congensis* a raza 3 de *Meloidogyne incognita*. In XIV.Congreso Brasileiro de pesquisas cafeiras Campinas, S.P.,Brasil, 1-4 dezembro IBC p 87-89
- LORDELO, L.G.E. 1981. Nematoides das plantas cultivadas. 6 ed. Sao Paulo, Livraria Nobel, p. 314
- MACIAS, T. N. 1997. Evaluación de la resistencia a la Progenie Sarchimor y de híbridos Catuaí x Icatú al nematodo nodulador *Meloydogine exigua*, in Memoria 6to. Seminario Nacional de Investigación y Transferencia en Caficultura.- Tegucigalpa. M.D.C Honduras, p 290-297
- ; 1999. Distribución Nematológica en el Departamento de el Paraíso, Honduras , pp ( Sin publicar ).
- SANTACREO, R.; ACOSTA, J.R.; SUAZO, D. G. 1997. Productividad y Estabilidad de progenies Sarchimor, Híbridos Catuaí x SH2 SH3 y Retrocruzamientos Catuaí x Icatú *In* Memoria 6to Seminario Nacional de In Caficultura. Tegucigalpa, M.D.C., Honduras. P. 290-297
- SANTACREO, R. 1997. Programa de selección de Germoplasma con resistencia a los nemátodos.-Informe del viaje realizado a Guatemala. I N S T I T U T O HONDUREÑO DEL CAFE. División Agrícola, Departamento de Investigación, Honduras, Cap. 5, p. 11-16

VILLAIN, L.; ANZUETO, F.;  
HERNANDEZ, A.; SA-  
RAH, J. L. 1999. Los  
Nematodos Parásitos del  
cafeto, Desafíos de la

caficultura en Centro Amé-  
rica, CIRAD-CP/IICA,  
P R O M E C A F E -  
ANACAFE, San José,  
Costa Rica. Cap. 10.p 328-  
359

**ESTUDIO DEL COMPORTAMIENTO AGROPRODUCTIVO  
DE LOS MATERIALES GENETICOS CATURRA, VARIEDAD  
COSTA RICA 95, CATUAI Y CATIMOR T5175  
EN OCHO ZONAS CAFETALERAS DE COSTA RICA**

*Bernal Cisneros D.<sup>1</sup>  
José E. Arias V.<sup>1</sup>  
Carlos Fonseca C.<sup>1</sup>*

*Guillermo Ramírez M.<sup>1</sup>  
José E. Ramírez R.<sup>1</sup>  
Juan J. Obando J<sup>1</sup>*

**RESUMEN**

El presente trabajo tuvo como objetivo, valorar el comportamiento agroproductivo de la Variedad Costa Rica 95, Caturra, Catuaí y Catimor T 5175 para lo cual se establecieron ensayos de investigación en ocho zonas cafetaleras de Costa Rica. Se iniciaron en el año 1993, bajo un diseño de ensayo semicrítico multilocal. La densidad de siembra, se relacionó con el porte de la planta considerando que Catuaí y Catimor T 5175, son de porte medio y la Variedad Costa Rica 95 y Caturra de porte bajo. Cada tratamiento se estableció en parcelas de 500 m<sup>2</sup> y el sistema de manejo, es el recomendado para la zona en estudio.

El análisis estadístico del promedio de producción mostró diferencias estadísticas entre tratamientos, los materiales derivados del Híbrido de Timor, Variedad Costa Rica 95 y Catimor T5175, no difieren estadísticamente entre sí, pero superan a las variedades Caturra y Catuaí que se ubican en grupo estadístico aparte e iguales entre sí. Las pruebas de rendimiento en beneficiado, mostró que el Catuaí, es el de mejor rendimiento, seguido del Caturra que supera levemente a la Variedad Costa Rica 95 y un poco menos el Catimor T 5175.

**Palabras clave :** *Coffea arabica*, Genotipo, Variedades, Comportamiento agroproductivo, Híbrido, Costa Rica.

---

<sup>1</sup> Ingenieros Agrónomos Investigadores ICAFE

## INTRODUCCION

Al cumplirse 50 años de investigación ininterrumpida en este cultivo, en las diferentes prácticas como en el campo del mejoramiento genético, el objetivo básico sigue siendo la búsqueda de un material genético de igual o mayor potencial a los cultivares comerciales en cuanto a: productividad, resistencia a plagas y enfermedades, calidad de taza u otras características deseables. Si bien es cierto, que el conocimiento de la variabilidad natural en el cafeto es una herramienta importante para su mejoramiento, para obtener cambios más rápidos, debe realizarse una búsqueda, estudio, selección e hibridación de los individuos más sobresalientes en las características de interés de uso comercial en una población existente.

Rives (1984), asegura que el mejoramiento de las plantas es el responsable de la mitad de los logros en la producción en los últimos cincuenta a cien años, el cafeto no es la excepción a esto.

La selección de individuos resistentes y la formación posterior de variedades constituye el mecanismo más eficaz, práctico de incorporar en el marco actual de un desarrollo sostenible, cualidades de beneficio agronómico y comercial. Al ser un control biótico de plagas y enfermedades, permite la posibilidad de un uso menor de agroquímicos,

con las consecuentes ventajas que esto representa para la protección del medio ambiente.

Desde 1959, el Departamento de Investigaciones en café del MAI (Ministerio de Agricultura e Industria) viene investigando materiales resistentes a la roya del cafeto causada por el hongo (*Hemileia vastatrix* Berk et Br) el cual es un parásito obligado definido como el patógeno más importante a nivel mundial por las pérdidas que ocasiona. No es sino hasta junio de 1995, que el Convenio ICAFE-MAG. hoy Programa Nacional de Investigación en Café de ICAFE que después de un largo, continuo proceso de investigación y análisis, liberó el material genético denominado Variedad Costa Rica 95, como alternativa para el control de la citada enfermedad.

Las expectativas para el productor en relación a la roya en Costa Rica, motivó la siembra comercial de materiales genéticos en proceso de investigación, es el caso del Catimor T 5175, por lo que se incorporó en estos estudios.

Estos trabajos que incluye al Catimor T 5175, Variedad Costa Rica 95 en relación a los cultivares Caturra y Catuaí, corresponden a una tercera etapa en la investigación de materiales genéticos, posterior a la introducción, evaluación y selección de las descendencias más sobresalientes para los intereses de la caficultura nacional.

Los objetivos para su establecimiento son la zonificación, valorar en las diferentes localidades las características de cada genotipo para posteriormente obtener una variedad.

### MATERIALES Y METODOS

Los trabajos se establecieron entre julio y agosto de 1993 en ocho zonas cafetaleras de Costa Rica, bajo la modalidad estadística de experimentos semicríticos multilocales. Se comparan agroproductivamente los genotipos con resistencia a la roya del cafeto, Catimor T 5175 (T-5175 1-1, 1-4 Hw26/13, Caturra CIFC 19/1 x Híbrido de Timor CIFC 832/1), la Variedad Costa Rica 95 (T 86667 1-1, 2-1, UFV3005,

UFV1348/150, UFV386/58 Caturra CIFC 19/1 x Híbrido de Timor CIFC 832/1), y los cultivares comerciales Catuaí y Caturra. Fueron sembrados en parcelas de 500 m<sup>2</sup>, los lotes con características similares a las comerciales por la naturaleza de los objetivos de la investigación se plantaron a densidades que obedecen a la conformación del arbusto, separando los materiales genéticos en porte medio, al Catimor T-5175 y Catuaí y de porte bajo a la Variedad Costa Rica 95 y Caturra, a dos ejes por punto de siembra. Se utilizó sombra regulada de poró (*Erythrina poeppigiana*), o a plena exposición solar según la zona. En el cuadro 1, se presentan las características ecológicas de las zonas en estudio.

**Cuadro 1.** Características ecológicas de las zonas en estudio de los genotipos Caturra, Variedad Costa Rica 95, Catuaí y Catimor T5175.

Localidades	Turrilba	Pérez Zeledón	Puriscal	Palmares	Grecia	Santo Domingo	Desamparados Fralles	Alajuela Sabandilla
<b>Altitud</b>	620	700	1000	1050	1150	1200	1300	1430
<b>Temperatura</b>	23	24	22.5	22	22.5	20.5	20.5	20
<b>Precipitación</b>	2700	3300	2100	1800	3000	2200	1900	2800
<b>Suelo</b>	Inceptis	Ultisol	Inceptis	Inceptis	Andisol	Andisol	Ultisol	Andisol
<b>Densid Bajo</b>	5848	5848	7086	7086	7086	7086	7086	7086
<b>Densid medio</b>	4330	5000	5848	5848	5848	5848	5848	5848
<b>Sombra</b>	x	x	x	x	---	---	x	---

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los ensayos ubicados en Turrialba y Alajuela iniciaron su cosecha en el periodo 1995/96. Los trabajos establecidos en Pérez Zeledón, Grecia, Santo Domingo, Frailes en Desamparados y Sabanilla de alajuela, se podó a la cuarta cosecha los tratamientos por igual excepto en Alajuela donde Caturra y Catuaí quedaron en buena condición para una cosecha más. En Puriscal se podó a la tercera cosecha todos los tratamientos,

mientras que en Turrialba, fue diferencial, los materiales Caturra y Catuaí después de dos cosechas, se podaron debido a fuerte ataque por roya y un año después se podó los materiales derivados del Híbrido de Timor.

Los materiales Variedad Costa Rica 95 y Catimor T-5175, resultan ser más precoces y productivos a sus comparadores Caturra y Catuaí. En el cuadro 2, se presenta la producción anual en fanegas por hectárea de los genotipos evaluados en las diferentes zonas.

**Cuadro 2.** Registro productivo anual del estudio del comportamiento agroproductivo de los materiales genéticos Caturra, Variedad Costa Rica 95, Catuaí y Catimor T5175 en ocho zonas de Costa Rica. Producción en fanegas por hectárea.

Período	Material	Turrialba	Pérez Zeledón	Puriscal	Palmares	Grecia	Santo Domingo	Desamparados Frailes	Alajuela Sabanilla
94/95	Caturra	-	12.9	7.4	23.4	12.6	14.5	14.7	-
	VCR-95	-	19.3	19.2	20.8	13.9	15.8	13.0	-
	Catuaí	-	4.2	11.4	13.5	2.8	14.1	17.7	-
	T-5175	—	24.9	26.5	8.5	7.4	28.2	17.4	-
95/96	Caturra	30.2	74.9	84.	89.	93.8	148.3	73.4	19.
	VCR-95	95.	99.2	106.3	132.	88.5	170.4	101.4	38
	Catuaí	36.2	52.0	96.0	77.3	50.5	151.4	74.2	43.9
	T-5175	83.4	66.7	146.5	118.5	92.5	170.8	108.2	52.5
96/97	Caturra	52.2	43.8	104.5	22.7	67.5	65.3	57.7	59.6
	VCR-95	84.2	65.1	140.9	106.	72.5	80.9	74.3	66.7
	Catuaí	69.5	72.6	126.9	19.5	48.1	65.1	46.7	65.5
	T-5175	63.5	66.3	152.9	104.5	55.3	67.2	67.5	70.1
9798	Caturra	-	91.92	-	61.7	93.3	139.9	91.7	98.1
	VCR-95	59.5	101.2	-	23.9	74.	146.9	114.3	124.0
	Catuaí	-	105.2	-	-	56.2	137.4	90.5	100
	T-5175	38.7	84.6	-	-	72.1	183.8	134.9	94.0



Continuación cuadro 2.

Período	Material	Turrialba	Pérez Zeledón	Puriscal	Palmares	Grecia	Santo Domingo	Desamparados Frailes	Alajuela Sabanilla
98/99	Caturra	20.7	-	74.6	50.6	-	-	89.0	45.5
	VCR-95	-	-	86.0	122.0	-	-	111.2	43.5
	Catuaí	26.0	-	77.0	30.5	19.6	-	81.2	64.5
	T-5175	-	-	99.5	38.7	-	-	94.2	48.5
99/200	Caturra	70.	74.5	58.5	-	83.6	118.5	89.	81.0
	VCR-95	40	74.4	73.4	-	85.6	144.0	111.2	-
	Catuaí	80.3	83.6	91.5	73.2	-	147.0	81.2	69.0
	T-5175	36.0	65.2	82.5	88.4	68.5	104.0	94.5	-

Al hacer el análisis estadístico, éste determinó diferencias significativas entre tratamientos, donde los materiales con resistencia a roya, se

ubican en un mismo grupo, pero superiores a los cultivares Caturra y Catuaí superándolos en un 23.5% y 16% respectivamente, cuadro 3.

**Cuadro 3.** Registro de producción promedio anual de 6 periodos de cosecha del estudio agroproductivo de los genotipos Caturra, Variedad Costa Rica 95, Catuaí y Catimor T-5175 en ocho zonas cafetaleras de Costa Rica. Producción en fanegas por hectárea.

Período	1994/95	1995/96	1996/97	1997/98	1998/99	1999/200	Promedio
Caturra	10.4	76.61	57.2	71.65	27.92	71.9	52.0 b
VCR-95	13.0	104.2	86.4	80.4	27.7	66.1	63.0 a
Catuaí	8.0	72.5	64.3	61.2	27.0	78.2	52.0 b
Cat 5175	1401	104.9	80.9	76.0	19.6	67.4	60.5 a

En el cuadro 4. se anota la producción promedio en las diferentes zonas analizadas donde se observa, que en todos los casos los materiales con resistencia a roya superan a los cultivares Caturra y Catuaí excepto en Pérez Zeledón donde el Catuaí supera a su comparador el Catimor T5175 y en Sabanilla de Alajuela tanto Caturra como Catuaí son superiores a Variedad Costa Rica 95

y Catimor T 5175 en razón de que éstos son más precoces y se agotaron primero. Es notable también la situación del cultivar Catuaí en Palmares y Grecia donde, éste se ubica muy por debajo del promedio, la razón es que en Palmares por condiciones de suelo principalmente y climática no se adapta bien y en Grecia por condiciones de manejo.

Cuadro 4. Producción promedio de varios periodos para el estudio de los genotipos Caturra, Variedad Costa Rica 95, Catuaí, y Catimor T 5175 en ocho zonas cafetaleras de Costa Rica, producción en fanegas por hectárea.

Localidad	Turrialba	Pérez Zeledón	Puriscal	Palmares	Grecia	Santo Domingo	Frailes	Alajuela Sabanilla	Promedio
No .Cos	5	6	5	6	6	5	6	5	
Caturra	34.6	49.6	55.0	41.0	58.4	81.0	54.2	61.0	54.0
VCR-95	56.0	60.0	71.0	67.0	56.0	93.0	69.5	57.5	66.7
Catuaí	42.5	53.0	67.0	35.7	29.5	86.0	52.0	68.5	54.0
Cat-5175	44.2	51.5	84.5	60.0	49.0	92.0	70.5	54.0	62.7

Se llevó a cabo, muestreo y estudio de anomalías de fruto en los cuatro tratamientos sobre todo, la presencia de grano negro que dentro de las posibles causas es aspecto genético con resultados negativos. Otra variable fue el porcentaje de grano vano obteniendo en promedio lo siguiente: Caturra mostró un 2.5%, Variedad Costa Rica 95 un 5%, Catuaí 5% y el Catimor T5175 un 6% que se considera dentro los márgenes aceptables.

En el aspecto fitopatológico, los materiales resistentes a la roya confirmaron esa propiedad, pero mostraron ser muy susceptibles a la enfermedad rosada (*Corticium salmonicolor* Berk. y Br.), especialmente el Catimor T 5175 mostró ser muy susceptible a ojo de gallo (*Mycena citricolor* Berk et Curt ) en zonas de altura donde esta enfermedad en los últimos años ha sido muy agresiva. Se tomó muestras de café en fruta,

para análisis de rendimiento donde el Catuaí obtuvo los mejores resultados seguido del Caturra en relación de Kilogramos/D.H.L., la Variedad Costa Rica 95 tiene un rendimiento un poco menor respecto a Caturra y el Catimor T 5175 es de menor rendimiento lo que se puede observar en el cuadro 5. En el mismo cuadro se nota que la zona de Pérez Zeledón, presenta los menores rendimientos característica de la zona pero similar entre los tratamientos. En la zona de Alajuela la variedad Costa Rica 95, tiende mostrar los más bajos rendimientos con respecto a su comparador Caturra.

Se realizó pruebas de catación donde los materiales Caturra, Catuaí y Variedad Costa Rica 95 obtuvieron valores estadísticamente no significativos entre sí, mientras que el Catimor T-5175 es inferior a las anteriores con diferencia estadística significativa según se observa en el cuadro 6.

**Cuadro 5.** Rendimiento de beneficiado en Kgrs/ D.H.L. de muestras de los genotipos Caturra, Variedad Costa Rica 95, Catuaí y Catimor T5175 en ocho zonas cafetaleras de Costa Rica en diferentes periodos.

Zona Período	Turrialba		Pérez Zeledón			Palmares		Grecia	
	96/97	99/20	96/97	98/99	99/20	96/97	98/99	96/97	99/20
Caturra	21.13	19.20	16.26	16.31	19.7	22.39	21.74	21.10	18.67
VCR-95	20.93	18.94	17.10	19.86	19.87	21.83	22.23	19.75	21.09
Catuaí	24.27	-	17.66	19.73	19.71	22.15	22.64	21.77	19.39
Cat-5175	21.71	-	16.82	-	18.41	21.59	21.31	20.38	-

Zona Período	Santo Domingo			Alajuela-Sabanilla			Fralles		Puriscal		Prom
	96/97	98/99	99/20	96/97	98/99	99/20	96/97	99/20	98/99	99/20	
Caturra	22.29	-	19.25	20.9	21.57	24.0	22.77	21.41	22.83	21.89	20.80
VCR	22.07	23.17	21.15	18.90	21.2	19.4	22.41	21.39	22.56	20.51	20.5
Catuaí	23.27	23.76	23.13	22.04	22.71	23.84	22.6	22.39	23.61	20.72	21.97
Cat-5175	22.10	-	22.04	22.49	21.82	-	21.8	-	21.34	19.47	20.3

**Cuadro 6.** Resultados de pruebas de análisis sensoriales en cuatro genotipos de diferentes zonas cafetaleras de Costa Rica.

Material	Aroma	Acidez	Cuerpo	Preferencia taza
Caturra	2.55 a	2.44 a	2.48 a	2.38 a
Catuaí	2.59 a	2.42 a	2.55 a	2.38 a
VCR 95	2.43 a	2.32 a	2.45 a	2.23 a
T 5175	2.11 b	2.04 b	2.15 b	1.89 b

Letras iguales en una misma columna no difieren estadísticamente.

## CONCLUSIONES

Los materiales derivados del Híbrido de Timor, mostraron su total resistencia a la roya del cafeto. Presentan una mayor precosidad y capacidad productiva con relación a los materiales tipo Bourbon Caturra y Catuaí.

Al hacer el análisis sensorial, respecto a la calidad de taza, los genotipos Catuaí, Caturra y Variedad Costa Rica 95. Resultaron iguales mientras que el catimor T-5175, resulta de inferior calidad, por lo cual este último no se recomienda la siembra comercial.

Las pruebas de rendimiento indican que el Catuaí, es el de mejor rendimiento, seguido del Caturra, éste supera levemente a la Variedad Costa Rica-95 y un poco menos el Catimor T-5175. Sin embargo para esta variable, es pertinente realizar más pruebas.

### **BIBLIOGRAFIA**

- AGUILAR, V.G. 1998. "III Seminario Resultados y Avances de Investigación 1997". ICAFE. Costa Rica. Memoria pag. 101-105.
- INFORME ANUAL DE LABORES. 1995. Departamento de Investigaciones y Transferencia de Tecnología. Instituto del Café de Costa Rica. 180 p.
- INFORME ANUAL DE LABORES. 1996. Departamento de Investigaciones y Transferencia de Tecnología. Instituto del Café de Costa Rica. 272 p.
- INFORME ANUAL DE LABORES. 1997. Departamento de Investigaciones y Transferencia de Tecnología. Instituto del Café de Costa Rica. 243 p.
- INFORME ANUAL DE LABORES 1998. Departamento de Investigaciones y Transferencia de Tecnología. Instituto del Café de Costa Rica. 272 p.

## **DIVERSIDAD GENÉTICA DE LOS CAFÉS (*Coffea arabica*) SILVESTRES Y CULTIVADOS, REVELADA POR MARCADORES MOLECULARES.**

*F. Anthony<sup>1</sup>,  
C. Astorga<sup>1</sup>,  
O. Quiros<sup>1</sup>,  
B. Bertrand<sup>2</sup>,  
H. Etienne<sup>1</sup>,  
P. Topart<sup>1</sup>,  
P. Lashermes<sup>3</sup>*

### **RESUMEN**

Se estudió la diversidad genética presente en los cafés silvestres y cultivados por los marcadores moleculares RAPD (ADN polimorfo amplificado al azar), con el objetivo de revelar la estructura y poder utilizarla para el mejoramiento genético regional. El material analizado se constituyó de 117 individuos representando por 88 accesiones silvestres de Etiopía, 6 variedades cultivadas localmente en Etiopía y 12 variedades derivadas de las bases genéticas *Typica* y *Bourbon* que dieron origen al desarrollo del cultivo del café en el continente americano y el Caribe, en el siglo XVIII.

Los resultados confirman que dos bases genéticas distintas fueron difundidas a partir de Holanda y Francia, y luego a partir de la isla Bourbon (ahora Reunión), las cuales presentan un bajo nivel de diversidad genética y de polimorfismo. Casi la totalidad de la diversidad genética fue detectada en los individuos silvestres (28 de los 29 marcadores utilizados), lo que demuestra el valor de estos materiales para enriquecer la base genética del material cultivado. El material silvestre se clasificó en relación con el origen geográfico, correspondiendo a la separación que hace la fosa tectónica ("The Great Rift Valley") en Etiopía. Las variedades de Etiopía mostraron una diversidad genética comparable a la de los individuos silvestres.

---

<sup>1</sup> CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

<sup>2</sup> IICA-PROMECAFE, Ap. 55, 2200 Coronado, Costa Rica

<sup>3</sup> IRD, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, Francia

Los marcadores RAPD fueron eficientes para distinguir las variedades del Typica y del Bourbon. Sin embargo, no detectaron diferencias dentro de cada base genética, y tampoco dentro de las accesiones silvestres, excepto en dos accesiones que tienen plantas no conformes a su identificación en el germoplasma del CATIE.

**Palabras clave:** Café, *Coffea arabica*, recursos genéticos, diversidad genética, marcadores moleculares RAPD.

## INTRODUCCIÓN

El café *Coffea arabica* es un arbusto nativo de las tierras altas del sudoeste de Etiopía (Sylvain, 1955), de la meseta de Boma en Sudan (Thomas, 1942) y del Monte Marsabit en Kenia (Anthony *et al.*, 1987). Ha sido cultivado en Yemen por lo menos desde hace cinco siglos, y difundido al sudeste de Asia alrededor del año 1700. Poco después, las semillas de una única planta cultivada en Amsterdam y París fueron enviadas a América Latina (Chevalier y Dagon, 1928; Carvalho, 1946). Otras introducciones siguieron más tarde en el siglo XVIII de Yemen a Brasil, a través de la isla Bourbon (ahora Reunión) (Haarer, 1956). Estas poblaciones dieron origen a muchos cultivares y fueron descritas como dos distintas variedades botánicas, *C. arabica* var. *arabica*, también llamada *C. arabica* var. *typica* Cramer, y *C. arabica* var. *bourbon* (B. Rodr.) Choussy, comunalmente llamadas

Typica y Bourbon respectivamente (Krug *et al.*, 1939; Carvalho *et al.*, 1969).

Actualmente, los cultivares más cultivados en el mundo son el Mundo Novo, un híbrido entre Bourbon y Typica; el Caturra, un mutante del Bourbon, y el Catuai, un híbrido entre Mundo Novo y Caturra. Estos cultivares son altamente productivos y producen un café de buena calidad, pero provienen de una base genética muy estrecha, la cual limita fuertemente las posibilidades del mejoramiento genético. Existe una solución genética utilizando los individuos silvestres, recolectados en el centro de origen de la especie como fuente de diversidad genética (Anthony *et al.*, 1999). Sin embargo, no puede ser explotada sin conocer la estructura de la diversidad genética. El desarrollo de los marcadores RAPD (ADN polimórfico amplificado al azar) ha permitido estudiar variaciones a nivel del genoma sin conocimientos previos sobre las secuencias del ADN (Welsh y

McClelland, 1990; Williams *et al.*, 1990). La producción de los RAPDs no necesita usar sondas marcadas, consume poco tiempo y requiere pequeñas cantidades de ADN relativamente crudo (Waugh y Powell, 1992). Esta técnica ha mostrado ser eficiente para caracterizar accesiones de café (Lashermes *et al.*, 1993; Orozco-Castillo *et al.*, 1994) y detectar la diversidad genética en algunas variedades y accesiones de Etiopía (Lashermes *et al.*, 1996a). En la presente comunicación, se están reportando los principales resultados de dos estudios de la diversidad genética detectada por los marcadores RAPD, en un amplio muestreo de los individuos silvestres de Etiopía (Anthony *et al.*, 2000) y en variedades derivadas de las bases genéticas Typica y Bourbon (Astorga, 1999). Además, se discuten los resultados en el contexto de la historia de la selección del café y se presentan las conclusiones para el mejoramiento genético del café.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materiales

El estudio de la diversidad genética presente en los cafés silvestres se desarrolló analizando 88 accesiones recolectadas en Etiopía por la FAO (1968) y el ORSTOM (ahora IRD) (Guillaumet y Hallé, 1978), 6 variedades cultivadas localmente en

Etiopía y 2 accesiones derivadas del Typica y del Bourbon. Se seleccionó un individuo por accesión, excepto para 8 accesiones en las cuales se seleccionaron de 2 a 7 individuos. Un total de 119 individuos fue analizado. El material silvestre fue recolectado en todas las regiones de Etiopía, pero la mayoría de las accesiones proceden del oeste y sudoeste del país, donde se está cultivando el café desde hace más de 1,500 años.

En el otro estudio, se comparó la diversidad genética de 12 variedades derivadas del Typica y del Bourbon, representativas de los mayores programas de mejoramiento genético, con la diversidad de 6 accesiones de cafés silvestres. Los materiales analizados en los 2 estudios fueron recolectados en el germoplasma del CATIE (Turrialba, Costa Rica).

### Análisis del polimorfismo del ADN

Se aisló el ADN de aproximadamente 2.5 g de hojas frescas, utilizando el protocolo de Gawel y Jarret (1991), con modificaciones menores. Se determinó la calidad por electroforesis sobre un gel de agarosa (1.2 %) y se estimó la concentración utilizando un minifluorómetro. Los protocolos de producción de los RAPDs y de su coloración fueron descritos por Astorga (1999) y Anthony *et al.* (2000).

### Análisis de los datos

Se tomó como datos, la presencia (1) o ausencia (0) de los fragmentos

polimorficos bien amplificadas. Las similitudes genéticas entre pares de individuos fueron calculadas utilizando el índice de similitud de Dice (1945), el cual no toma en cuenta la doble ausencia de bandas, pues la ausencia de un marcador en dos individuos no significa necesariamente que sus ADNs son similares. La matriz de similitud fue analizada por el método UPGMA (unweighted pair-group method using arithmetic averages) (Sneath y Sokal, 1973), utilizando el programa NTSYS-PC (©Applied Biostatistics, Inc.). Las distancias genéticas fueron estimadas por la fórmula de Nei (1978), utilizando el programa POPGENE (©University of Alberta and Center for International Forestry Research) para marcadores dominantes, como lo son los RAPDs.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### La diversidad genética de los cafés silvestres

Veinte nueve fragmentos polimorficos de ADN fueron utilizados para

clasificar 88 accesiones silvestres, 6 variedades de Etiopía y 2 accesiones representativas de la base genética del Typica y Bourbon (Figura 1). El Typica y el Bourbon se separaron del material de Etiopía, el cual se clasificó en 4 grupos genéticos en relación con su origen geográfico: "Ethiopian 1" con casi la totalidad de las accesiones recolectadas en las provincias del oeste y sudoeste de Etiopía (78 accesiones) y "Ethiopian 2, 3, 4" con accesiones del este y sudeste de Etiopía. Se puede explicar las redundancias observadas en las accesiones clasificadas en el grupo "Ethiopian 1" por el trabajo de selección realizado desde hace más de 1,500 años por los agricultores en el oeste y sudoeste de Etiopía. Las variedades de Etiopía se clasificaron en tres grupos, de acuerdo al origen geográfico de su selección, mostrando una diversidad genética comparable a la de los individuos silvestres: Anfilo y Dalle en el grupo "Ethiopian 1", Dilla Alghe y Tafari Kela en el grupo "Ethiopian 2", Irgalem y Loulo con el Typica.



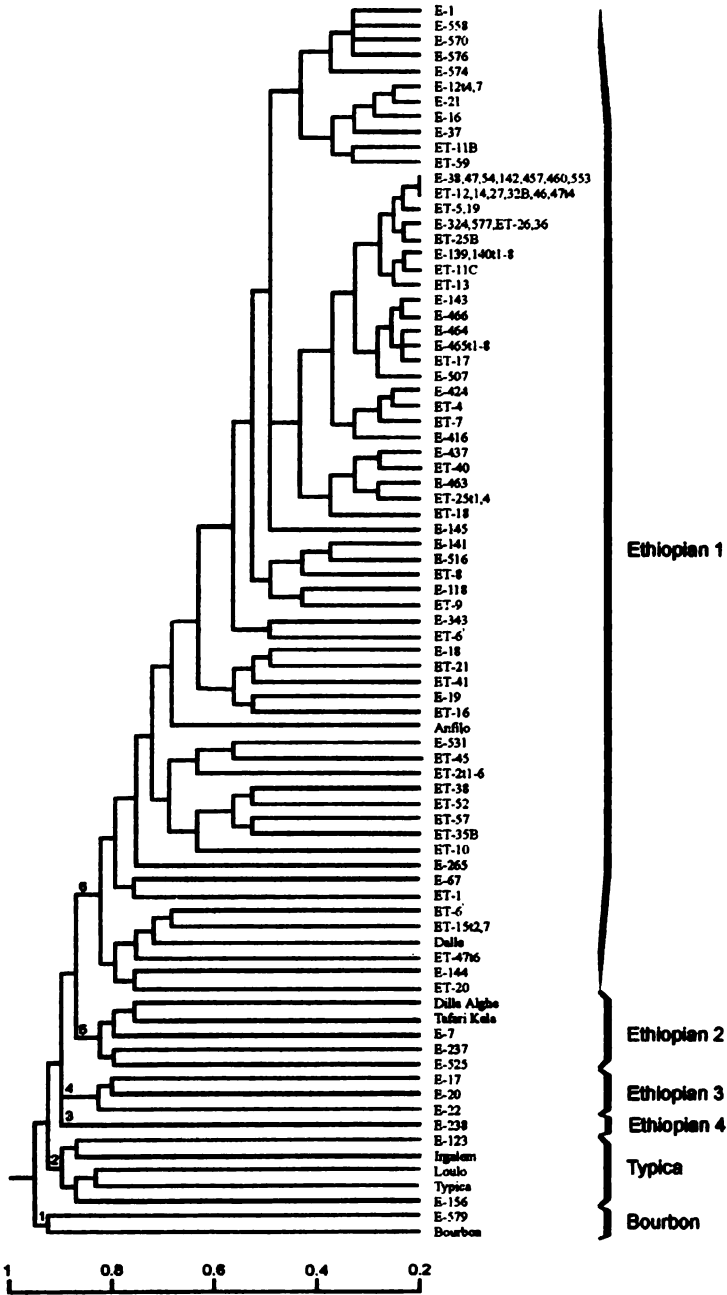


Figura 1. Clasificación de los cafés silvestres, basada en el índice de similitud de Dice (Anthony et al., 2000). Las accessions con un índice inferior a 0.2 están agrupadas. Se identifican las principales ramas por los números 1-6.

La separación de los materiales de Etiopía en grupos genéticos que constituyen 2 conjuntos geográficos corresponde a la separación física que hace la fosa tectónica, llamada "The Great Rift Valley", cruzando Etiopía del nordeste hacia el sudoeste y separando el grupo "Ethiopian 1" de los grupos "Ethiopian 2, 3, 4". Sin embargo, los estudios de filogenia, basados en las variaciones del ADN cloroplástico (ADNcp), revelaron que las especies de café tienen un origen "reciente" (Lashermes *et al.*, 1996b; Cros *et al.*, 1998). Entonces, la colonización del sudeste y del este de Etiopía por los cafés fue posterior a la formación de la fosa tectónica.

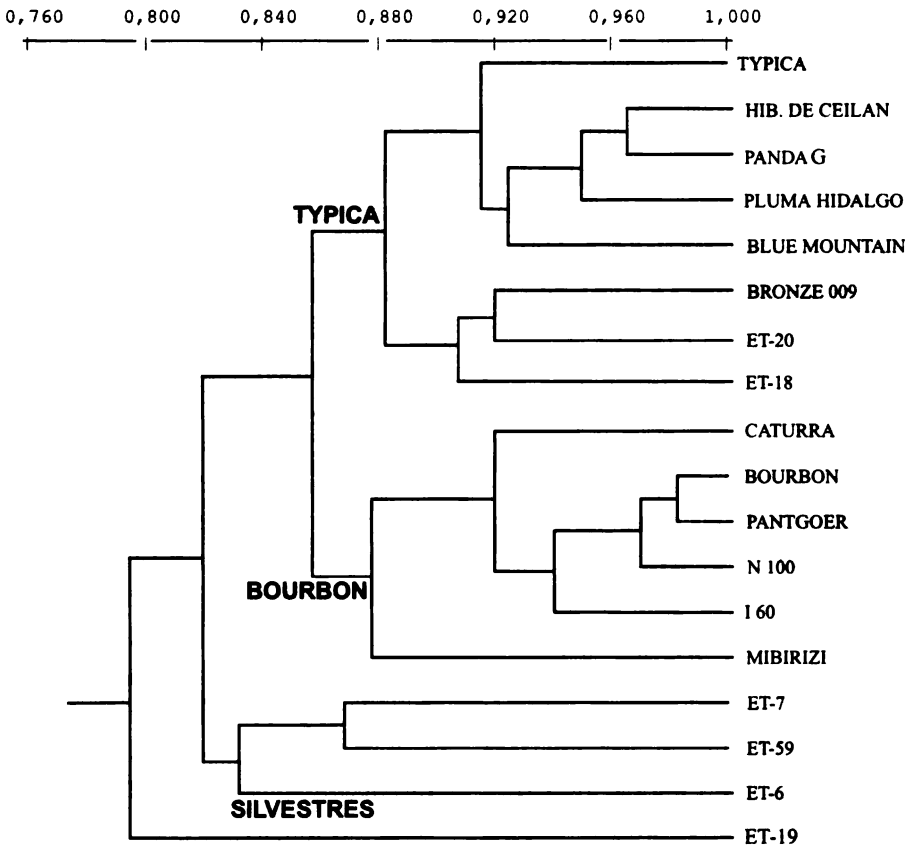
La mayoría de los polimorfismos fue detectada en las accesiones clasificadas en el grupo "Ethiopian 1". Estas accesiones presentaron 28 de los 29 marcadores identificados en el estudio, cuando las accesiones clasificadas en los otros grupos presentaron solamente de 5 a 16 marcadores. Los grupos "Ethiopian 2, 3, 4" presentaron 13, 12 y 8 marcadores respectivamente. La diversidad detectada en las 2 accesiones representativas del Typica y del Bourbon fue muy baja, con solamente 7 y 3 marcadores. Estos resultados muestran el valor y el potencial que tienen los cafés silvestres para enriquecer la base genética de los cafés cultivados. Hasta la fecha no se ha explotado la totalidad de la diversidad genética disponible en el germoplasma de café del CATIE para el mejoramiento genético regional, falta

por probar progenitores de los grupos "Ethiopian 2, 3, 4".

Los marcadores RAPD no detectaron diferencias dentro de las accesiones en las cuales se habían seleccionado varios individuos para el estudio, excepto para ET-6 y ET-47, lo que confirma la homogeneidad de las estructuras genéticas debido al modo de reproducción autógama de 80 a 90 %. En las accesiones ET-6 y ET-47 se estudiaron 2 individuos que presentaban diferencias morfológicas en el germoplasma del CATIE. Por los RAPDs, se identificaron 4 fragmentos polimorficos de ADN dentro de cada una de las accesiones. Tales diferencias son demasiado grandes para estar relacionadas con el polimorfismo intra-accesión. Estas se deben más probablemente a errores en la identificación de dichas introducciones.

### **La diversidad genética de los cafés cultivados**

El estudio de 12 accesiones derivadas del Typica y del Bourbon confirmó el bajo polimorfismo del material cultivado y su separación de los cafés silvestres (Figura 2). Dos accesiones de Etiopía (ET-18 y ET-20) se clasificaron con las variedades del Typica cuando los recolectores reportaron estas accesiones como Bourbon, en el informe de recolección (Guillaumet y Hallé, 1967). Sería necesario hacer más investigaciones para precisar la identificación de estas accesiones.



**Figura 2.** Clasificación de las accesiones derivadas de las bases genéticas Typica y Bourbon, basada en el índice de similaridad de Dice (Astorga, 1999).

La agrupación de todas las accesiones derivadas del Typica en un grupo y de todas las del Bourbon en otro grupo confirma que 2 bases genéticas distintas fueron difundidas en el siglo XVIII, a partir de Holanda y Francia, y luego a partir de la isla Bourbon. Sin embargo la distancia genética es muy baja entre sí (0.056), lo que no permite explicar el vigor del híbrido que se presenta en el cultivar Mundo Novo producto del cruce entre Typica y Bourbon, seleccionado en Brasil (Carvalho *et*

*al.*, 1969). Por otro lado el polimorfismo es muy bajo dentro de cada una de las 2 bases genéticas. Las diferencias morfológicas que se pueden observar entre variedades del Typica o del Bourbon no corresponden a grandes diferencias al nivel del ADN, pues no se detectaron diferencias por los RAPDs. Esto se puede explicar por el número reducido de ciclos de selección que se produjeron a partir del siglo XVIII, debido a su relativa larga duración (20 años), lo que no ha dejado

suficiente tiempo para marcar diferencias significativas en el ADN. Como lo sugirieron Carvalho *et al.* (1969), el polimorfismo morfológico de los materiales cultivados se debe a la mutación de pocos genes mayores que afectan toda la planta, como lo son los genes *Ct* del Caturra o *Mg* del Maragogipe.

### La diferenciación entre los cafés silvestres y cultivados

Se determinó que las distancias genéticas son bajas entre los materiales silvestres y cultivados (Cuadro 1), principalmente con las accesiones silvestres clasificadas en el grupo "Ethiopian 1". También, la diferenciación fue baja entre el grupo "Ethiopian 1" y los otros grupos de material silvestre, "Ethiopian 2, 3, 4". Es probable que los cafés recolectados en el este y sudeste de Etiopía no tuvieron como origen cafés

silvestres presentes en los bosques, pero si introducciones desde el oeste y sudoeste de Etiopía. Estudios de la flora de Etiopía mostraron que se desarrollaron incendios en el pasado reciente al este de la fosa tectónica, cambiando drásticamente la flora (White, 1983). Por otra parte, las relaciones entre ambos lados de la fosa fueron escasas hasta finales del siglo XIX (Meyer, 1965). Se puede concluir que las introducciones de café al este y sudeste fueron recientes.

Las bajas distancias genéticas de los cafés silvestres del oeste y sudoeste de Etiopía con las accesiones derivadas de las bases genéticas *Typica* y *Bourbon* muestran que los cafés cultivados se han diferenciado poco de sus orígenes silvestres en 3 siglos de selección, lo que debería facilitar la transferencia de genes de los cafés silvestres a los cultivados.

**Cuadro 1.** Distancia genética entre los grupos de cafés silvestres y cultivados (Anthony *et al.*, 2000).

Group	Ethiopian 1	Ethiopian 2	Ethiopian 3	Ethiopian 4	Typica	Bourbon
Ethiopian 1	****					
Ethiopian 2	0.085	****				
Ethiopian 3	0.142	0.172	****			
Ethiopian 4	0.179	0.263	0.224	****		
Typica	0.155	0.180	0.368	0.201	****	
Bourbon	0.164	0.224	0.373	0.284	0.187	****

*Eficiencia y límites de los RAPDs para la caracterización varietal*

Los marcadores RAPD mostraron su eficiencia para detectar polimorfismos al nivel del ADN. Sin embargo el polimorfismo detectado fue bajo en la especie si se compara con otros cultivos (maíz, frijol, ...). El bajo polimorfismo de la especie es una consecuencia de su origen reciente y de su modo de reproducción que favorece la homocidad de los individuos.

Los RAPDs se mostraron también eficientes para caracterizar plantas no conformes a su identificación (ET-6, 47) y para distinguir las variedades derivadas del Typica y del Bourbon. Pero no detectaron diferencias dentro de las accesiones silvestres y tampoco dentro de las 2 bases genéticas del material cultivado. En consecuencia parece difícil y costoso utilizar estos marcadores para proteger variedades de *C. arabica*.

## CONCLUSIONES

El estudio de la diversidad genética detectada por los marcadores moleculares en la especie *C. arabica* confirmó la estrechez de las bases genéticas que dieron origen a las variedades Typica y Bourbon. Por el contrario, los individuos silvestres presentaron casi la totalidad de la diversidad detectada. Ahora, se puede hacer un uso racional de la diversidad presente en los materiales

silvestres, seleccionando progenitores silvestres en los diferentes grupos genéticos y basándose en los resultados de su evaluación fenotípica que se realizó en el germoplasma simultaneo al estudio molecular.

Por el valor del material silvestre, se hace necesario la definición de una estrategia de conservación a largo plazo de estos recursos, desarrollando métodos de conservación *in-vitro*, complementarios a la conservación en campo.

## AGRADECIMIENTOS

La investigación fue financiada por el IRD (Institut de Recherche pour le Développement, ex ORSTOM, París, Francia) y el CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica). C. Astorga recibió una beca de Maestría del CATIE.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- Anthony, F., J. Berthaud, J.L. Guillaumet & M. Lourd, 1987. Collecting wild *Coffea* species in Kenya and Tanzania. Plant Genet. Resources Newsl. 69: 23-29.
- Anthony, F., C. Astorga & J. Berthaud, 1999. Los recursos genéticos: las bases de una solución genética a los problemas de la caficultura latinoamericana.

- In: B. Bertrand & B. Rapidel (Eds.), *Desafios de la caficultura centroamericana*, pp. 369-406. IICA, San José, Costa Rica.
- Anthony, F., B. Bertrand, O. Quiros, P. Lashermes, J. Berthaud & A. Charrier, 2000. Genetic diversity of wild coffee (*Coffea arabica* L.) using molecular markers. *Euphytica: in press*
- Astorga, C., 1999. Caracterización de variedades cultivadas de café (*Coffea arabica* L.) conservadas en el banco de germoplasma del CATIE. Tesis de MSc. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. 130 p.
- Carvalho, A., 1946. Distribuição geográfica e classificação botânica do gênero *Coffea* com referência especial à espécie *Arabica*. *Bolétim da Superintendência dos Serviços do café* 21: 174-180.
- Carvalho, A., F.P. Ferwerda, J.A. Frahm-Leliveld, P.M. Medina, A.J.T. Mendes & L.C. Monaco, 1969. Coffee. In: F.P. Ferwerda & F. Wit (Eds.), *Outlines of perennial crop breeding in the Tropics*, pp. 189-241. Veenman & Zonen NV, Wageningen.
- Chevalier, A. & M. Dagron, 1928. *Recherches historiques sur les débuts de la culture du caféier en Amérique*. Communications et Actes de l'Académie des Sciences Coloniales, Paris.
- Cros, J., M.C. Combes, P. Trouslot, F. Anthony, S. Hamon, A. Charrier & P. Lashermes, 1998. Phylogenetic relationships of *Coffea* species: new evidence based on the chloroplast DNA variation analysis. *Mol. Phylogenet. Evol.* 9: 109-117.
- Dice, L.R., 1945. Measures of the amount of ecological association between species. *Ecology* 26:297-302.
- FAO, 1968. *FAO coffee mission to Ethiopia 1964 - 1965*. FAO, Roma.
- Gawel, N.J. & R.L. Jarret, 1991. A modified CTAB DNA extraction procedure for *Musa* and *Ipomoea*. *Plant Molecular Biology Reporter* 9 (3): 262-266.
- Guillaumet, J.L. & F. Hallé, 1967. *Rapport sur la mission ORSTOM dans le sud-ouest de l'Ethiopie*. Informe de recolección. IRD, París, 55 p.
- Guillaumet, J.L. & F. Hallé, 1978. *Echantillonnage du matériel récolté en Ethiopie*. *Bulletin IFCC* 14: 13-18.
- Haarer, A.E., 1956. *Modern coffee production*. Leonard Hill (books) Limited, London.
- Krug, C.A., J.E.T. Mendes & A. Carvalho, 1939. *Taxonomia de Coffea arabica L.* *Bolétim Técnico* n°62. Instituto Agronômico do Estado, Campinas, Brazil.

- Lashermes, P., J. Cros, P. Marmey & A. Charrier, 1993. Use of random amplified DNA markers to analyse genetic variability and relationships of *Coffea* species. *Genet. Resources Crop Evol.* 40: 91-99.
- Lashermes, P., P. Trouslot, F. Anthony, M.C. Combes & A. Charrier, 1996a. Genetic diversity for RAPD markers between cultivated and wild accessions of *Coffea arabica*. *Euphytica* 87: 59-64.
- Lashermes, P., J. Cros, M.C. Combes, P. Trouslot, F. Anthony, S. Hamon & A. Charrier, 1996b. Inheritance and restriction fragment length polymorphism of chloroplast DNA in the genus *Coffea* L. *Theor. Appl. Genet.* 93: 626-632.
- Meyer, F.G., 1965. Notes on wild *Coffea arabica* from southwestern Ethiopia, with some historical considerations. *Econo. botany* 19: 136-151.
- Nei, M., 1978. Estimation of average heterozygosity and genetic distance from a small number of individuals. *Genetics* 89: 583-590.
- Orozco-Castillo, C., K.J. Chalmers, R. Waugh & W. Powell, 1994. Detection of genetic diversity and selective gene introgression in coffee using RAPD markers. *Theor. Appl. Genet.* 87: 934-940.
- Sneath, P.H.A. & R.R. Sokal, 1973. *Numerical taxonomy*. W.H. Freeman & Co, San Francisco.
- Sylvain, P.G., 1955. Some observations on *Coffea arabica* L. in Ethiopia. *Turrialba* 5: 37-53.
- Thomas, A.S., 1942. The wild arabica coffee on the Boma Plateau, Anglo-Egyptian Sudan. *Empire J. Expt. Agric.* 10: 207-212.
- Waugh, R. & W. Powell, 1992. Using RAPD markers for crop improvement. *Trends in Biotechnology* 10: 186-191.
- Welsh, J. & M. McClelland, 1990. Fingerprinting genomes using PCR with arbitrary primers. *Nucleic Acids Res.* 18: 7213-7218.
- White, F., 1983. The vegetation of Africa. A descriptive memoir to accompany the Unesco / AETFAT / UNSO vegetation map of Africa. Unesco, Paris.
- Williams, J.G.K., A.R. Kubelik, K.J. Livak, J.A. Rafalski & S.V. Tingey, 1990. DNA polymorphisms amplified by arbitrary primers are useful as genetic markers *Nucleic Acids Res.* 18: 6531-6535.





## DETERMINACION DEL AREA FOLIAR EN CINCO CULTIVARES DE CAFÉ (*Coffea arabica*) MEDIANTE MODELOS DE REGRESION

Mario Roberto Padilla R.<sup>1</sup>

José Arnold Pineda<sup>2</sup>

Mario Ordóñez<sup>3</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de encontrar una ecuación que estime el área foliar en diferentes cultivares de café, se llevó a cabo un estudio en el Centro Experimental La Fé Ilama Santa Bárbara, utilizando cinco cultivares de *Coffea arabica* siendo estos: Catuaí, Catuaí x Icatú, IHCAFE-90, Lempira y Sarchimor T-5296, de tres años de edad y de la segunda cosecha comercial. Se seleccionaron 35 plantas por parcela de las que se obtuvieron 100 hojas al azar de diferente tamaño por variedad. A dichas hojas se les sacaron fotocopias con el fin de mantener su forma original. A cada hoja por variedad se le midió el largo (L), ancho (A) y el área foliar por medio de un planímetro. La fotocopias de las hojas se utilizaron para el desplazamiento del planímetro, ya que los bordes de estas obstaculizan su recorrido, además pierden turgencia después de cortadas. Para la estimación de la ecuación se realizaron análisis de correlación entre el área foliar con el planímetro y el Largo (L), Ancho (A), L + A y LxA, además se evaluaron tres modelos de regresión: lineal, cuadrático y cúbico, utilizando como variable independiente los parámetros anteriores y como dependiente el área foliar medida con planímetro. El cálculo de los coeficientes de correlación y modelos de regresión fue con la opción proc glm (General Lineal Models) para SAS (Statistical Analysis System 1991). Las correlaciones encontradas fueron de 0.96, 0.93, 0.90, 0.97 y 0.95 para Catuaí, Icatú, T-5296, Lempira e IHCAFE-90 respectivamente. El error estandar promedio para las cinco variedades fue de 0.02142. Todas las variables independientes ayudaron a estimar el área foliar, sin embargo fue el producto del LxA el que mejor resultado mostró. Únicamente el modelo lineal fue significativo  $P < 0.05$  y que mejor estimó el área foliar en todos los cultivares. El cuadrático y Cúbico no

<sup>1</sup> Ing. M. Sc. Coordinador Programa de Entomología IHCAFE, Tegucigalpa, Honduras. e-mail padilla\_mario@hotmail.com

<sup>2</sup> Ing. Agr. Jefe Centro Experimental Jesús Aguilar Paz La Fé Santa Bárbara

<sup>3</sup> Ing. Agr. Jefe Departamento de Investigación IHCAFE, Tegucigalpa, Honduras

fueron estadísticamente significativos y sobre o subestimaron el área foliar. En conclusión hay una alta correlación entre el área foliar con planímetro y el L, A, L+A y LxA es de tipo lineal, contribuyendo esta última variable a estimar manera más precisa el área foliar. La ecuación de regresión lineal para cada cultivar fue: IHCAFE-90  $Y = -1.0984 + 0.6287X$ , Lempira  $Y = -4.7930 + 0.6694X$ , Sarchimor T-5496  $Y = 1.7752 + 0.6058X$ , Icatú  $Y = -3.0411 + 0.6606X$  y Catuaí  $Y = 1.0884 + 0.6171X$ . Siendo X el producto de LxA. En base a las evaluaciones de los tres modelos de regresión, no se justifica el uso de otros que no sea el lineal.

**Palabras clave:** área foliar, modelos de regresión, planímetro, *Coffea arabica*

## INTRODUCCION

El concepto de área foliar se define como una simple aproximación de la medida del potencial fotosintético de las plantas, de hecho es más determinante en medir el crecimiento y rendimiento de los cultivos que la capacidad fotosintética individual de las hojas en una comunidad de cultivos (Watson 1952). Se ha observado que la variación en el área foliar es el principal factor en determinar cambios en los rendimientos (Garcidueñas 1979). El potencial de producción de la planta está determinado fundamentalmente por la superficie foliar disponible para la asimilación del carbono a través de su ciclo de vida. El área foliar es un indicador del desarrollo del follaje de la planta y de su potencial productivo, además está controlada por factores genéticos y ambientales (Arcila y Chaves 1995, Hamer *et al.* 1993).

La importancia del conocimiento del desarrollo foliar en el café sirve para

determinar el potencial de producción y la estructura del dosel que interviene en la captación de luz que es esencial para la fotosíntesis (Rosenthal y Gerik 1991, Verhangen *et al.* 1963). También es importante ya que permite calcular el índice del área foliar (IAF), indicador que relaciona el área foliar de la planta y el área de terreno ocupada por esa planta, teniendo como resultado el grado de cobertura del terreno con hojas, que facilite una mayor intercepción de luz, siendo el IAF el mejor estimador (Arcila y Chaves 1995).

Esta variable puede ser considerada en estudios agronómicos y fisiológicos en el cultivo del café en evaluación de germoplasmas, dosis de fertilizantes, sombra, densidades de siembra, evaluación de daño foliar por plagas insectiles o enfermedades, predicciones de cosecha y cálculo de índice de eficiencia (Castillo 1977, Rena y Maestri 1985).

Para la medición del área foliar se han empleado una serie de métodos que

se han clasificado en destructivos; como por ejemplo el uso del planímetro, que tiene la desventaja de la destrucción de la planta y lo tedioso del trabajo que requiere gran inversión de personal y de tiempo. También están los no destructivos, directos e indirectos (Awatramani y Gopalakrishna 1964, Raju *et al.* 1991). Sin embargo, el área foliar puede ser estimada por medio de modelos matemáticos que incluye medidas lineales de las hojas y es un método exacto no destructivo. En la actualidad se han desarrollado este tipo de modelos para cultivos como Naranja dulce, Cardamomo Té entre otros (Raju *et al.* 1991). Awatramani y Gopalakrishna 1964, Raju *et al.* 1991 y Castellón y Monterrey 1993 encontraron una ecuación de regresión lineal que estima el área foliar para diferentes cultivares de *Coffea arabica*. En Honduras, los experimentos sobre fenología han venido empleando una ecuación de regresión de tipo logarítmico que fue generada en Colombia, para la variedad Caturra (Valencia 1973), sin embargo, por la variabilidad genética que presentan los diferentes cultivares y el efecto del ambiente donde se generó, no es aplicable a nuestras condiciones y cultivares y es posible que la misma no sea capaz de estimar de forma más o menos eficiente el área foliar. Por lo cual el objetivo de este trabajo es encontrar una ecuación de re-

gresión que estime el área foliar de los principales cultivares desarrollados en nuestras condiciones, con el mínimo grado de dificultad y sin que la planta sufra destrucción.

## MATERIALES Y METODOS

**Ubicación del experimento.** El experimento se llevó a cabo en los meses de Mayo a Julio 1999 en el Centro de Investigación y Capacitación Jesús A. Paz del IHCAFE, en La Fé Santa Bárbara Honduras, a 750 msnm, precipitación promedio anual de 2,812 mm y Temperatura promedio de 23.1 °C (Informe datos climatológicos IHCAFE 1998).

**Tratamientos y diseño experimental.** No se utilizó ningún diseño experimental. El material a evaluar consistió en cinco cultivares de *Coffea arabica* de tres años de edad y de la segunda cosecha comercial, siendo estos: Catuaí, Catuaí X Icatú, IHCAFE-90, Lempira y Sarchimor T-5296. De cada material se seleccionaron 35 plantas, de las cuales se obtuvieron al azar 100 hojas de diferente tamaño. Para mantener la forma original de las hojas se fotocopiaron, ya que pierden turgencia después de cortadas y los bordes dificultan la medición del área (A. Pineda, La Fé, IHCAFE com. pers. 1999).

**Variables evaluadas.** Se midió el área foliar inicial con un planímetro, el cual consiste en colocar la hoja o la fotocopia en una superficie plana, luego se fija el aparato, se recorre todo el borde de la hoja hasta llegar al punto inicial (Carrasquilla y Gonzalez 1983). Con una regla graduada en centímetros se midió a cada hoja de cada cultivar el Largo (L) y Ancho (A)

**Análisis estadístico.** Se realizaron análisis de correlación al 0,05 de significancia y se evaluaron tres modelos de regresión: Lineal, cuadrático y cúbico. Se utilizó el procedimiento estadístico *proc glm* (General Lineal Model) de SAS (Statistical Analysis System ver. 6.03, 1995). El análisis de correlación y regresión, consistió en relacionar el área obtenida con el planímetro ( $A_p$ ) utilizada como variable dependiente, con el Ancho (A), Largo (L), Largo + Ancho (L+A) y Largo X Ancho (LxA) que formaron la variable independiente, obteniendo el siguiente modelo:

$Y = a + bX$  donde:

**Y = área medida con el planímetro**

**a y b =** Intercepto y coeficiente de regresión respectivamente.

**X = L ó A ó L+A ó LxA**

según metodología de Awatramani y Gopalakrishna 1964 Raju *et al.* 1991 y Castellón y Monterrey 1993. El criterio para decidir que variable independiente se debería utilizar en

la ecuación final fue el siguiente: El menor coeficiente de variación, Coeficiente de determinación ( $R^2$ ) alto, correlación alta y el menor error estandar y significancia del coeficiente de regresión (Steel and Torrie 1988, Calzada 1982).

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Análisis de correlación.** En los cinco cultivares la correlación entre el área foliar obtenida por medio del planímetro ( $A_p$ ) y el largo, ancho, el producto y suma de estas dos variables fue significativa  $p < 0.05$ . Las correlaciones encontradas oscilaron entre 0.83-0.97 con las cuatro variables independientes. Los valores más altos de correlación fueron de 0.90-0.97, cuando se utilizó el producto del LxA (Cuadro 1). Lo anterior indica que el LxA está estrechamente relacionado con el área obtenida por el planímetro, existe linealidad entre las dos variables y se debe a que tanto el largo y ancho son recorridos por este instrumento, además, el resultado del producto del LxA son unidades de área que obviamente se aproximará aún más con la obtenida con este método, que cuando solamente se utiliza el L, A ó L+A. Otro aspecto importante es la varianza que se encontró con cada una de las variables utilizadas en el modelo lineal, siendo menor para el LxA, lo que indica que el valor espe-

rado del área foliar al utilizar dicha variable sería muy aproximado al medido con el aparato (planímetro). La excepción fue el cultivar IHCAFE-90, en donde el ancho (A) resultó ser la variable independiente que usada en el modelo estimaría mejor el área foliar, sin embargo presentó el mayor error estándar en com-

paración con las demás variables. Esto quizás se deba a factores genéticos intrínsecos de la planta o influencia del ambiente, lo cual es una característica que permite que haya mayor superficie foliar disponible para realizar fotosíntesis (Garcidueñas 1979).

**Cuadro 1.** Coeficientes de correlación (r) del largo (L), ancho (A), L+A y LxA Vrs. Área foliar calculada con planímetro, para diferentes cultivares de *Coffea arabica*.

CULTIVAR	Coeficiente de correlación (r)			
	Largo Vrs. Area Foliar	Ancho Vrs. Area Foliar	L + A Vrs. Area Foliar	L X A Vrs Area Foliar
Catuái	0.93	0.92	0.94	0.96
Icatú	0.83	0.92	0.90	0.93
Sarchimor T-5296	0.88	0.87	0.89	0.90
Lempira	0.93	0.94	0.96	0.97
IHCAFE-90	0.88	0.97	0.93	0.95

**Cuadro 2.** Ecuación de regresión de diferentes cultivares de *C. arabica*, para estimar el área foliar.

Cultivar	Ecuación de regresión Y= a + bx*	CV %	R <sup>2</sup>	r	Pr>F	Error Estandar
IHCAFE-90	Y= -1.0984 + 0.6287(X)	12.10	0.91	0.95	0.0001	0.0194
Lempira	Y= -4.7930 + 0.6694(X)	7.80	0.95	0.97	0.0001	0.0154
Sarchimor T-5296	Y= 1.7752 + 0.6058(X)	13.47	0.81	0.90	0.0001	0.0288
Icatú	Y= -3.0411 + 0.6606(X)	12.80	0.86	0.93	0.0001	0.0269
Catuái	Y= 1.0884 + 0.6171(X)	8.35	0.93	0.96	0.0001	0.0166
<b>PROMEDIO</b>	<b>Y= -1.21378+0.63632</b>	<b>10.90</b>	<b>0.89</b>	<b>0.94</b>	<b>0.0001</b>	<b>0.02142</b>

\* X es el producto del largo por ancho (LxA).

**Análisis de regresión.** El modelo de regresión lineal fue significativo  $p < 0,05$ , con cada una de las cuatro variables independientes (L, A, L+A y LxA), en los cinco cultivares evaluados (Anexo 1-5). Sin embargo, basándose en el criterio sobre cual variable emplear en la ecuación final, según metodología de Awatramani y Gopalakrishna 1964, Raju *et al.* 1991 y Castellón y Monterrey 1993, el menor coeficiente de variación, mayor coeficiente de determinación ( $R^2$ ), mayor correlación y menor error estándar se encontró cuando se usó como variable independiente el LxA, quien a la vez estimó de manera más precisa el área foliar (Cuadro 2 y Cuadro 3). El  $R^2$  encontrado osciló entre 0.81-0.95 lo que indica que el 81-95% de la variabilidad del área foliar medida con el planímetro se explica por cualquier cambio en el producto del LxA. Lo anterior posiblemente se deba a la interacción entre el largo y ancho que es lo que el planímetro recorre al momento de medir el área foliar, además las pendientes de las rectas para cada cultivar fueron mucho menores, obteniéndose valores por debajo de

la unidad (Figura 1), lo que significa que cualquier variación en el producto del LxA produciría cambios proporcionales muy bajos en el valor esperado, en cambio cuando se utilizan de forma individual el largo (L) y ancho (A), a pesar de obtener similares indicadores no fueron tan precisos en poder estimar el área foliar, quizás debido a que cada variable se utilizó de manera independiente y las pendientes de la recta fueron mucho mayores. No obstante, desde el punto de vista práctico se podrían utilizar; ya que en el campo solamente se tomaría una sola medida, ya sea el largo o ancho, e implica menos trabajo; pero, si lo que se busca es mayor precisión en la estimación del área foliar lo mejor sería utilizar como variable independiente el resultado del producto LxA. Lo anterior coincide con los resultados encontrados por Awatramani y Gopalakrishna 1964, Raju *et al.* 1991 y Castellón y Monterrey 1993 en otros cultivares de *Coffea arabica* en donde la variable independiente con las mejores características y que mejor ayuda a estimar el área foliar fue el LxA.

**Cuadro 3.** Comparación del área foliar con planímetro y estimada con diferentes modelos de regresión así como características de cada modelo según cultivar. Variable independiente LxA.

Cultivares/ Pr>F	Area foliar con planímetro (cm <sup>2</sup> )	Modelos de regresión		
		Lineal	Cuadrático	Cúbico
<b>Catuái</b>	<b>64.14</b>	<b>64.13</b>	<b>63.87</b>	<b>64.12</b>
• Pr>F		0.0001	0.5194	0.2336
• CME		28.69	28.86	28.73
• R <sup>2</sup>		0.93	0.93	0.93
• CV		8.35	8.37	8.36
<b>IHCAFE-90</b>	<b>64.54</b>	<b>67.55</b>	<b>67.11</b>	<b>67.13</b>
• Pr>F		0.0001	0.5908	0.6783
• CME		66.82	152.60	67.89
• R <sup>2</sup>		0.91	0.81	0.91
• CV		12.10	18.28	12.20
<b>Lempira</b>	<b>71.46</b>	<b>71.46</b>	<b>70.61</b>	<b>70.60</b>
• Pr>F		0.0001	0.0498	0.6673
• CME		31.12	62.27	30.46
• R <sup>2</sup>		0.95	0.90	0.95
• CV		7.81	11.04	7.72
<b>Sarchimor T-5296</b>	<b>76.38</b>	<b>76.37</b>	<b>75.77</b>	<b>75.71</b>
• Pr>F		0.0001	0.5079	0.8192
• CME		105.99	134.22	135.59
• R <sup>2</sup>		0.82	0.77	0.77
• CV		13.48	15.17	15.24
<b>Icatá</b>	<b>61.66</b>	<b>61.66</b>	<b>61.46</b>	<b>61.52</b>
• Pr>F		0.0001	0.6882	0.2879
• CME		62.37	131.45	62.92
• R <sup>2</sup>		0.86	0.71	0.86
• CV		12.80	18.59	12.85

En cuanto al uso de los modelos cuadrático y cúbico con el LxA como variable independiente, se encontró que estos no se ajustan; debido a que el coeficiente de regresión de ambos modelos no fueron estadísticamente significativos  $p > 0.05$  y además, el cuadrado medio del error (CME), coeficiente de determinación y de variación fueron similares que el lineal en la variedad Catuái y mayores para los demás cultivares, los cambios producidos no fueron significativos (Cuadro 3). Si se compara el área foliar con planímetro con los valores esperados de los modelos lineal, cuadrático y cúbico, se obser-

va que el primero es el que mejor la estima, en los otros dos modelos se produce una sobre o subestimación del área foliar, estas observaciones y las anteriores nos indican que el modelo lineal nos daría suficiente confianza de aproximarlos a la realidad, siempre y cuando los valores de largo (L) y ancho (A) estén dentro de los observados en el campo (Calzada 1982, Steel and Torrie 1988). Por lo anterior no se justifica el empleo de modelos complicados con más parámetros, sino que una ecuación sencilla de carácter lineal es capaz de estimar el área foliar de los cultivares de *Coffea arabica*.

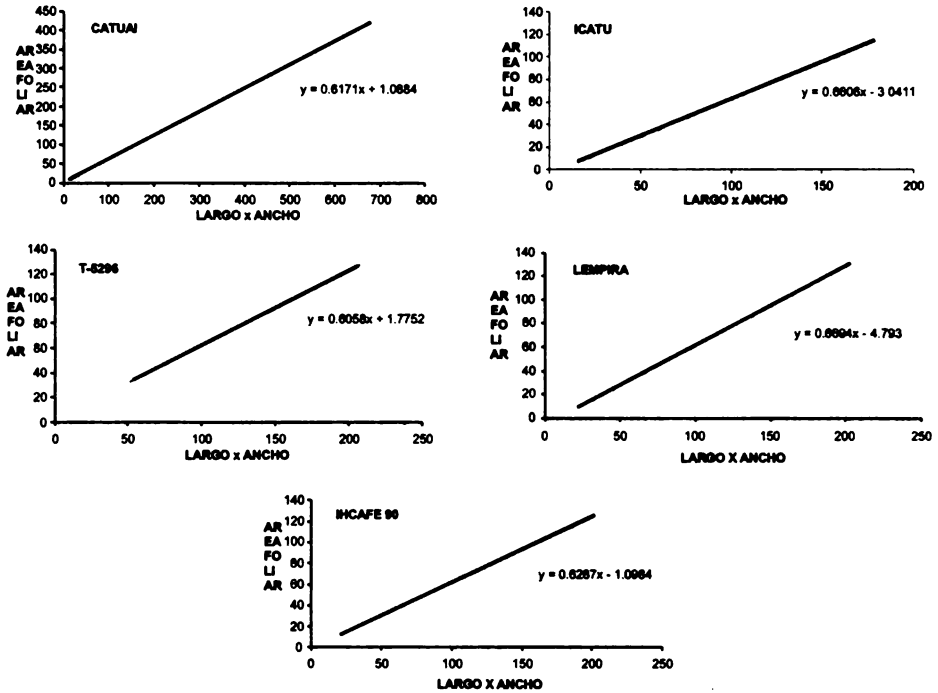


Figura 1.. Ecuación de regresión para estimar el área foliar en cinco cultivares de *Coffea arabica*

## CONCLUSIONES

Hubo una alta correlación entre el área foliar calculada con el planímetro y el Largo, ancho y la suma y producto de estas dos variables, sobresaliendo el LxA.

En los cinco cultivares solamente el modelo lineal fue estadísticamente significativo, por lo que la relación entre el área foliar con planímetro y las variables de campo (L, A, L+A y LxA) es de tipo lineal.

En base a las evaluaciones de los tres modelos de regresión, no se justifica el uso de otros que no sea el lineal. El Largo y Ancho contribuyen a estimar el área foliar. Sin embargo la va-

riable independiente que mejor contribuyó fue el producto del Largo por Ancho.

La ecuación de regresión lineal para cada cultivar fue: IHCAFE-90  $Y = -1.0984 + 0.6287X$ , Lempira  $Y = -4.7930 + 0.6694X$ , Sarchimor T-5496  $Y = 1.7752 + 0.6058X$ , Icatú  $Y = -3.0411 + 0.6606X$  y Catuaí  $Y = 1.0884 + 0.6171X$ . Siendo X el producto de LxA.

## BIBLIOGRAFIA

ARCILLA, P. D.; CHAVEZ, C.B. 1995. Desarrollo foliar del cafeto. Revista Cenicafe,



- Colombia (Col.). Vol. 46, No. 1. p. 5-20.
- AWATRAMANI, N. A.; GOPA-LAKRISHNA, H. K. 1964. Measurement of leaf area in coffee-I *Coffea arabica*. In 17<sup>th</sup> Annual conference of Indian Society of Agricultural Statistics at Jaipur. p. 1-6
- CASTELLON, S. E.; MONTERREY, J. M. 1993. Area foliar del cafeto en función del largo y ancho de la hoja. In memoria XVI Simposio sobre caficultura latinoamericana, Octubre 25-29. IICA/PROMECAFE. Managua (Nic.) Vol. 2: p 1-7
- CARRASQUILLA, E. P.; GONZALEZ, B. M. J. 1983. Instrumentos, materiales y equipos de dibujo. Contraloría General de La Republica. Dirección de Estadística y Censo. Panamá (Panamá) p. 20-24.
- GARCIDUEÑAS, R. M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2ª. Ed. Editorial McGraw Hill. Mexico. 262 p.
- HAMMER, G. L.; CARBERRY, P. S.; MUCHOW, R. C. 1993. Modelling genotypic and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I whole Plant Level Field Crops Research (Holanda) 33(3):293-310.
- IHCAFE, 1998. Datos climatológicos. Informes de investigación. Tegucigalpa
- KENDAL, M. G.; BUCKLAND, W. R. 1980. Diccionario de estadística. Edit. Pirámide Madrid (Es). 383 p.
- RAJU, R.V.; RADHAKRISHNAN, S.; VENKATARAMANAN, D. RISHNAMURTHY, W. R. 1991.. Leaf area determination in *Coffea arabica* L. Central Coffee Research Institute. J. Coffee Res. 21(2): 109-117.
- ROSENTHAL, W. D. GERIK, T. J. 1991. Radiation use efficiency among cotton cultivating. Agronomy Journal (EUA). 83:655-658.
- SAS, 1991. SAS/STAT User's guide. Release 6.03 Edition. Cary, SAS Institute Inc. 1026p.
- VALENCIA, G. A. 1973. Relación entre el índice de área foliar y la producción del cafeto. Cenicafe. p. 79-89
- VERHAGEN, A. M. W.; WILSON, J. H.; BRITTEN, E. J. 1963. Plant production in relation to foliage illumination. Annals of botany (Inglad). 27(108): 628-640.



**A SOLUTION FOR THE UTILIZATION OF IN VITRO  
CULTURE FOR MASS-DIFFUSION OF *COFFEA ARABICA*  
ELITE MATERIALS: THE DIRECT SOWING OF SOMATIC  
EMBRYOS PRODUCED IN A BIOREACTOR**

*Etienne H.<sup>1</sup>  
Solano W.<sup>2</sup>,  
Pereira A.<sup>2</sup>,  
Bertrand B.<sup>3</sup>,  
Vasquez N.<sup>4</sup>  
Barry-Etienne D.<sup>5</sup>*

**ABSTRACT**

The effect of germination conditions on the morphology of *Coffea arabica* L. somatic embryos mass-produced in a one-litre temporary immersion bioreactor (RITA7) was studied with emphasis on direct sowing in soil. Using germinated embryos, direct sowing resulted in a highly successful conversion of embryos into plants. Culture density above 1,600 embryos/1l-bioreactor positively affected embryo morphology by causing higher embryonic axis elongation (+4-5mm). At this density, addition of a high sucrose concentration (234 mM), 2 weeks before sowing, promoted an increase in effective plant conversion in soil (78%) and a vigorous vegetative growth of the resulting plants. Using this somatic embryogenesis process, 50 000 selected F1 hybrids were recently difunded in America Central.

**Key words:** *Coffea arabica*, culture in vitro, somatic embryogenesis, immersion bioreactor

<sup>1</sup> CIRAD/PROMECAFE/CATIE, Ap. 11, 7170 Turrialba, Costa Rica  
<sup>2</sup> PROMECAFE/CATIE

<sup>3</sup> CIRAD/PROMECAFE/IICA, Ap. 55, 2200 San Jos, Costa Rica  
<sup>4</sup> Laboratorio de biotecnologRa, CATIE, 7170 Turrialba, Costa Rica

<sup>5</sup> HervJ Etienne, CIRAD-CP/PROMECAFE/CATIE, Apartado 11, CATIE 7170 Turrialba, Costa Rica. FAX: (506) 556 09 38; TEL: (506) 556 64 55; E-mail: hetienne@catie.ac.cr

## INTRODUCTION

Due to its considerable multiplication potential, somatic embryogenesis constitutes the greatest possibility for large-scale clonal propagation of elite plants (Ammirato and Styer 1985). The use of liquid media enables embryogenic tissue proliferation and mass production of somatic embryos in bioreactors or Erlenmeyer flasks of about twenty species, including coffee (Pjtard et al. 1993, Van Boxtel and Berthouly 1996).

Unfortunately, problems with somatic embryo quality (morphological abnormalities, asynchronous development, size heterogeneity) and the difficulty in extending embryo development beyond its torpedo stage in liquid medium have been reported for most of these species (Starisky and Van Hasselt 1980, Ducos et al. 1993, Gupta et al. 1993). To overcome these problems, manual selection of somatic embryos capable of germination and frequent subcultures are required to obtain plants. These laborious manipulations greatly increase the production costs which explain why somatic embryogenesis has never been applied on a commercial scale.

In *Coffea arabica* L., an autogamous species, heterosis has been well documented and it has been demonstrated that F1 hybrids are higher yielders than pure line varieties (Van

der Vossen and Walyaro 1981; Bertrand et al. 1997). Somatic embryogenesis is the best method for mass production of selected F1 clones (Berthouly et al. 1995; Etienne et al. 1997a). These authors have developed a somatic embryo mass production system using a temporary immersion bioreactor.

The present series of studies was designed to: 1) define culture conditions in a temporary immersion bioreactor allowing direct sowing of *C. arabica* somatic embryos in soil and 2) determine the effects of such culture conditions on the rate of embryo-to-plant conversion and subsequent vegetative growth of these plants.

## MATERIAL AND METHODS

### Plant material

A high frequency somatic embryogenesis procedure was applied to selected *C. arabica* F1 hybrids obtained from crosses between varieties cultivated in Central America and semi-wild trees originating in Ethiopia or Sudan (Bertrand et al. 1997). The Caturra x Ethiopian E531 hybrid was used in all experiments. The culture conditions selected for embryogenic callus development and proliferation from leaf fragments were previously described by Van Boxtel and Berthouly (1996).

### ***Somatic embryo regeneration in a temporary immersion bioreactor***

A temporary immersion culture system (Teisson and Alvard, 1995) was used for the entire regeneration phase using embryogenic suspensions. The RITA7 bioreactor (CIRAD, France) is a one litre unit with an upper compartment in which the plant material is placed and a lower compartment filled with the culture medium. Two hundred mg of embryogenic masses are placed in the bioreactor along with 200 ml of regeneration medium AR@ (Van Boxtel and Berthouly 1996). Embryos were subcultured once every two months. Complete embryo development was achieved after 4 months in this medium, with an immersion frequency of 1 min twice a day. At the end of the development phase, the content of each bioreactor (around 8,000 torpedo-shaped somatic embryos) was divided to achieve a density of 1,600 embryos per bioreactor. Germination was triggered by applying an AEG@ liquid medium (Van Boxtel and Berthouly 1996) for two months at an immersion frequency of 5 min twice a day; this AEG@ medium was renewed once a month. In the conventional gel method, the AEG@ germination medium is gelled with 2.5 g l<sup>-1</sup> of phytigel.

### **Sowing of somatic embryos**

Sowing conditions for direct transfer of somatic embryos in soil were set as follows: light and moisture conditions were identical to those previously defined for fully developed plants (Etienne et al. 1997b) and embryos were planted vertically on the substrate surface (2 parts soil, 1 part sand, 1 part coffee pulp) sterilised by chemical treatment.

### **Experiments**

In experiment 1, the objective was to describe the different morphological stages observed in the bioreactor and the plant conversion efficiency under horticultural conditions, after 2 and 5 months of germination at a culture density of approximately 1,000 to 3,000 embryos per bioreactor.

In experiment 2, the objective was to compare morphology and sowing efficiency of somatic embryos cultivated at the following densities: 50; 200; 400; 800; 1,600; 3,200 and 12,000 embryos/bioreactor.

In experiment 3, the effect of enriching the germination medium with sucrose before direct sowing was studied. After two months of germination in the bioreactor at a density of 1,600 embryos/bioreactor, a 2-week subculture was implemented to test two sucrose concentrations (117 and 234 mM) maintaining the culture density at 1,600 embryos/bioreactor or reducing the density to 160 embryos/bioreactor.

## Measurements and statistical analysis

The mean frequency "s.e. (standard error) for the different germination stages (torpedo-shaped embryos, germinated embryos, plantlets) was estimated from four bioreactors used at the same time considered as replicates. Morphological characteristics (embryonic axis length, fresh and dry weights of embryos) were measured at the end of germination. These variables were calculated from 10 random sub-samples of 10 somatic embryos each. Conversion of somatic embryos into plants was assessed 2 months after sowing and was characterised by the emergence of a stem bearing at least two pairs of true leaves. It was estimated as a mean "s.e. calculated from 3 to 5 replicates, each containing 150 somatic embryos. Plant size in the nursery was estimated on 3 random sub-samples of 60 plants. All the data collected were compared through analysis of variance with one classification criterion, followed by Duncan=s test (at  $P = 0.05$ ).

## RESULTS AND DISCUSSION

### Experiment 1:

#### Effect of germination stages obtained in a bioreactor on the success rate of direct sowing.

Successful germination of mass-cultured coffee somatic embryos was

obtained in the temporary immersion bioreactor as shown in Fig. 1A. Three morphological stages were determined: the Atorpedo-shaped@, the Agerminated@ and the Aplantlet@ (Fig. 1B; Fig. 2A). After 2 months of germination, half of the embryos retained the torpedo-shaped morphology and half had germinated. Plantlets, with root systems and true leaves, were absent (Fig. 2A). A longer culture period (5 months) resulted in little changes regarding the proportions of these different stages (Fig. 2A).

When somatic embryos at the Atorpedo-shaped@ stage were sown directly in soil in the nursery, only 10% converted themselves into plants (Fig. 2B). Approximately, 40% of acclimatized plants were obtained using the Agerminated@ and Aplantlet@ *in vitro* stages. Therefore, the germinated stage was more suitable for sowing because it was obtained more rapidly and in larger quantities (Fig. 2A). A high plant mortality (60%) was registered after acclimatization of the Aplantlet@ stage obtained in the bioreactor. In fact, sowing of germinated embryos is less difficult than the acclimatization of plantlets whose roots and leaves frequently present physiological problems. Contrary to results reported with alfalfa (Fujii et al. 1989, Lai and McKersie 1995), obtaining plants after sowing non-germinated somatic embryos was not possible.

Much like this study, the setting up of maturation conditions will be indispensable for success.

### **Experiment 2:**

#### **Effect of culture density during germination on somatic embryo morphology and sowing success.**

Culture density during germination in the bioreactor strongly affected embryo development (Tab. 1). After 2 months of germination at low density (50 or 200 embryos/bioreactor), most of the embryos reached the germinated embryo stage. At the highest density (12,000 embryos/bioreactor), the embryos did not progress beyond the torpedo-shaped stage. At intermediate densities, both development stages were observed concomitantly. At low densities (fewer than 400 embryos/bioreactor), embryos had expanded cotyledons (5 to 12mm) and short embryonic axes were obtained, whereas at high densities (above 1,600 embryos/bioreactor), embryos with smaller cotyledons (<5 mm), significantly longer embryonic axes and higher fresh weight were obtained (Fig. 1C).

The best *ex vitro* conversions of germinated embryos into plants were

obtained either with very low densities (50 and 200 embryos/bioreactor) or with high (1,600 and 3,200 embryos/bioreactor) densities (Tab. 1). The highest growth after 3 months in the nursery was observed with embryos cultured at the density of 1,600 embryos/bioreactor. The analysis of variance revealed a highly significant density effect regarding embryonic axes length, fresh weight and plant size after 3 months in the nursery ( $p=0.0001$  for all three parameters). A correlation coefficient matrix analysis showed a strong correlation between the axes length of germinated embryos and plant size after 3 months in the nursery ( $R^2= 0.95$ ,  $df=5$ ).

Major physical constraints, resulting from the use of high culture densities, greatly affected embryo morphology during germination in the bioreactor. Density has already been identified in some species as the determining factor during the development phase for production of Atorpedo-shaped@ somatic embryos in a liquid medium (Ozawa and Komamine 1989, Zamaripa et al. 1991). The present results show that the morphology of the germinated embryos strongly influences plant conversion efficiency under soil conditions and subsequent plant growth.

**Tabla 1.** Effect of culture density during germination in the bioreactor on the frequency of germinated somatic embryos, their morphology (length of embryonic axis, fresh weight), rate of conversion into plants in soil, and plant size after 3 months in the nursery. The following densities were studied: 50, 200, 400, 800, 1,600, 3,200 and 12,000 embryos / bioreactor. The values shown for the rates of conversion into plants 2 months after sowing are means " s.e. of 3 to 5 replicates, each containing 150 somatic embryos. The plants size 3 months after sowing are means " s.e. of 3 replicates, each containing 60 plants. The embryogenic axes length and fresh weights are means " s.e. of 10 replicates, each involving batches of 10 embryos. The axes length, fresh weight and size of plants were compared by a variance analysis followed by the Duncan=s test (at 0.05).

Somatic embryos density in the bioreactor during germination	Frequency of germinated embryos (%)	Morphological characteristics of germinated embryos		Conversion of germinated embryos into plants after sowing (%)	Plant size 3 months after sowing (cm)
		Length of embryo axes (mm)	FW (mg)		
50	100	6.3∇2.4c	32∇25c	64∇17	1.3∇0.6b
200	86	5.7∇2.3cd	30∇25c	49∇19	0.8∇0.3d
400	47	4.7∇2.1d	31∇20c	36∇16	0.6∇0.2d
800	38	5.4∇1.9d	17∇10d	30∇17	0.6∇0.2d
1.600	47	10.8∇2.6a	63∇25a	50∇19	1.5∇0.8a
3.200	26	9.6∇2.4b	43∇19b	47∇13	1.2∇0.8b
12.000	6	8.8∇2.2b	36∇14c	34∇16	0.9∇0.4c

### Experiment 3:

#### Effect of sucrose concentration in the germination medium.

Exposing somatic embryos to a high sucrose concentration in the germination medium, two weeks before sowing, results in strong positive effects on their conversion into plants in the horticultural substrate and on the subsequent growth of the plants (Tab. 2). A high sucrose concentration, combined with a high culture density, led to an increase of germinated embryos and an enhanced elongation of their embryonic axes. These morphological effects were not observed with the lowest density. Sucrose did not result in any changes

in fresh weight but resulted in an accumulation of dry matter, irrespective of the culture density. Similar results have been reported for alfalfa (Lai and McKersie 1995), with an immersion in a solution of sucrose and mineral salts prior to germination that greatly enhanced the conversion into plants and the vigor of somatic embryos.

Thus, 234 mM sucrose concentration combined with a high culture density (1,600 embryos /bioreactor) were the conditions that best prepared somatic embryos for direct sowing, since 78% of the germinated embryos rapidly developed into plants once in soil (Fig. 1D). Increas-



ing the sucrose concentration at the low culture density did not improve the plant conversion efficiency. These results indicate the existence of a sucrose deficiency in the standard culture medium when germination was carried out at a high culture density. It is interesting to observe that high sucrose concentrations are not usually utilized during germination. Indeed, for several species, high sucrose levels and/or abscisic acid are utilized before germination to reproduce the maturation events observed in the seeds (Anandarajah and McKersie 1992, Emons et al. 1993). Fujii et al. (1989) succeeded in sowing alfalfa somatic embryos (64% plant conversion) by introducing a maturation phase in the presence of abscisic acid.

Under the culture conditions used in this study, by merely controlling culture density and sucrose concentration, it was possible to obtain a high frequency (66%) of embryos all at the same developmental stage (Tab. 2). Such synchronised development is essential for successful direct sowing and, more generally, for mass propagation (Molle and Freyssinet 1992, Gupta et al. 1993). In the present study, this synchronisation was obtained without manual selection or sieving, methods that are routinely used with liquid medium pro-

cedures (Ducos et al. 1993, Gupta et al. 1993).

At high densities, the germination process was slow and conversion into plantlets in the bioreactor was low probably due to physical constraints. Under these conditions, the embryos had cotyledons of reduced size and highly developed embryonic axes (Fig. 1C). This particular morphology certainly limits transpiration after *ex vitro* transfer and allows storage of abundant starch reserves under high sucrose exposure (data not shown) which confers to embryos autotrophy after sowing despite the absence of true leaves.

There are two ways of reducing production costs generated by handling *in vitro* explants during the last steps of somatic embryogenesis for achieving successful mass propagation: 1) production of artificial seeds that are inexpensive, storable and directly sowable into the field (Redenbaugh et al. 1987); and 2) production of somatic embryos or young plants in a liquid medium that can be transferred directly to the greenhouse or the nursery. The first method is more difficult to implement (Fujii et al. 1989, Molle and Freyssinet 1992). Moreover, for coffee, as for other plant species including woody species, developing artificial seeds.

**Tabla 2.** Effect of a sucrose pretreatment prior to sowing. The sucrose pretreatment was applied in the temporary immersion bioreactor two weeks before sowing and after 2 months germination at a density of 1,600 somatic embryos/bioreactor. The effect of the sucrose concentration (117 and 234 mM) was studied for 2 culture densities (160 and 1,600 somatic embryos/bioreactor). The values shown for plant conversion efficiency 2 months after sowing are means " s.e. of 3 to 5 replicates, each containing of 150 somatic embryos. The plant sizes after 4 months are means " s.e. of 3 replicates, each containing 60 plants. The embryonic axes length, fresh weight and dry weight are means " s.e. of 10 replicates involving batches of 10 embryos. The embryo axes length, fresh weight and dry weight, and the plant sizes were compared through variance analyses followed by Duncan=s test (at 0.05).

Sucrose pretreatment before sowing		Frequency of germinated embryos (%)	Morphological characteristics of germinated embryos			Conversion of germinated embryos into plants after sowing (%)	Plant size 4 months after sowing (cm)
Density (Number embryos / bioreactor)	Sucrose (mM)		Length of embryo axes (mm)	FW (mg)	DW (mg)		
160	117	44∇2	7.4∇2.3b	20.3∇12a	3.6∇0.5b	74∇7	1.7∇0.7a
160	234	47∇5	7.6∇2b	18.9∇9a	4.5∇0.4a	81∇5	1.7∇0.7a
1,600	117	56∇4	7.6∇2b	21.3∇15a	3.0∇0.7b	40∇10	1.5∇0.6b
1,600	234	66∇3	9.2∇2.6a	21.3∇16a	4.5∇1.1a	78∇12	1.7∇0.6a

defined as somatic embryos inside a coating (Redenbaugh, 1993), is not necessary since planting involves presowing and a nursery stage (Pjtard et al. 1993). Thus, the present study was devoted to exploring the second alternative. This work shows that conditions under which germination is realized in a temporary immersion bioreactor are decisive to obtain plant regeneration after direct sowing of somatic embryos in the nursery. Successfully achieved with a woody plant, direct sowing of uncoated somatic embryos produced in a temporary immersion bioreactor, represents an alternative to the production of artificial seeds and could provide an economically valid solution for many species.

## REFERENCES

- Ammirato PV, Styer DJ (1985) Strategies for large scale production of somatic embryos in suspension culture. In: Zaitlin M, Day P Hollaender A (eds) Biotechnology in plant science: relevance to agriculture in the 1980's. Academic Press, New York, pp 161-178
- Anandarajah K, McKersie BD (1992) Influence of plating density, sucrose and light during development on the germination and vigour of *Medicago sativa* L. somatic embryos after desiccation. Seed Sci. Res. 2: 133-140
- Berthouly M, Dufour M, Alvard D, Carasco C, Alemano L, Teisson

- C (1995) Coffee micropropagation in liquid medium using temporary immersion system. In: 16<sup>th</sup> international scientific colloquium on coffee, Kyoto, Japan. ASIC (ed), Vevey, Switzerland, pp 514-519
- Bertrand B, Aguilar G, Santacreo R, Anthony F, Etienne H, Eskes A B, Charrier A (1997) Comportement d=hybrides F1 de *Coffea arabica* pour la vigueur, la production et la fertilitJ en AmJrique Centrale. In: 17<sup>th</sup> International Scientific Colloquium on Coffee, Kenya, Nairobi. ASIC (ed), Vevey, Switzerland, pp 457-465
- Ducos JP, Bollon H, PJtiard V (1993) Production of carrot somatic embryos in a bioreactor. *Appl Microbiol Biotechnol* 39: 465-470
- Donnan A (1990) Determining and minimizing production costs. In: Zimmerman RH, Griesbach RJ, Hammerschlag RA, Lawson RH (eds) *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture. Tissue Culture as a Plant Production System for Horticultural Crops*. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht, Netherlands, pp 167-173
- Emons AMC, Samallo-Droppers A, Van der Toorn C (1993) The influence of sucrose, mannitol, L-Proline, abscisic acid and gibberellic acid on the maturation of somatic embryos of *Zea mays* L. from suspension cultures. *J Plant Physiol* 142: 597-604
- Etienne H, Bertrand B, Anthony F, C^te F, Berthouly M (1997a) L=embryogenPse somatique, un outil pour l=amJlioration gJnJtique du cafJ. In: 17<sup>th</sup> International Scientific Colloquium on Coffee, Kenya, Nairobi. ASIC (ed), Vevey, Switzerland, pp 457-465
- Etienne H, Solano W, Pereira A, Bertrand B, Berthouly M (1997b) Coffee *in vitro* plantlet acclimatization protocol. *Plantations recherche dJveloppement* 4:304-311
- Fujii JA, Slade D, Redenbaugh K (1989). Maturation and greenhouse planting of alfalfa artificial seeds. *In Vitro Cell Dev Biol* 25:1179-1182
- Gupta PK, Pullman G, Timmis R, Kreitinger M, Carlson WC, Grob J, Welty E (1993) Forestry in the 21st Century. The biotechnology of somatic embryogenesis. *Bio/Tech*. 11: 454-459
- Lai FM, McKersie BD (1995) Germination of alfalfa (*Medica sativa* L.) seed and dessicated somatic embryos. II. Effect of nutrient supplements. *J. Plant Physiol*. 146:731-735.
- Molle F, Freyssinet G (1992) Les semences artificielles. *Phytoma-La dJfense des vJgJtaux* 441:39-44

- Ozawa K, Komamine A (1989) Establishment of a system of high-frequency embryogenesis from long-term cell suspension culture of rice (*Oryza sativa* L.). *Theor Appl Genet* 77:205-211
- PJtiard V, Ducos JP, Florin B, Lecouteux C, Tessereau H, Zamarrippa A (1993) Mass somatic embryogenesis: a possible tool for large-scale propagation of selected plants. In: D. C<sup>A</sup>me D, Corbineau F (eds). *ASFIS*, Paris, France (Proceedings of the fourth International Workshop on Seeds: Basic and Applied Aspects of Seed Biology, Angers, France 20-24 July 1992, pp 175-191
- Redenbaugh K, Viss P, Slade D, Fujii JA (1987) Scale-up: artificial seeds. In: Green CE, Somers DA, Hackett WP, Biesboer DD (eds) *Plant tissue and cell cultures*. A.R. Liss, Inc., New-York, United States, pp 473-493
- Redenbaugh K (1993) Introduction. In: Redenbaugh K (ed) *Synseeds: Applications of Synthetic Seeds to Crop Improvement*. CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida, United States, pp 3-7
- Starisky G, Van Hasselt GAM (1980) The synchronised mass propagation of *Coffea canephora* *in vitro*. In: 9<sup>th</sup> International Scientific Colloquium on Coffee, London, United Kingdom. ASIC (ed), Paris, France, pp 597-602
- Teisson C, Alvard D (1995) A new concept of plant *in vitro* cultivation liquid medium: temporary immersion. In: Terzi M, Cella R, Falavigna A (eds.) *Current Plant Science and Biotechnology in Agriculture*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands (Current Issues in Plant Molecular and Cellular Biology, Vol 22, pp 105-110)
- Van Boxtel J, Berthouly M (1996) High frequency somatic embryogenesis from coffee leaves: factors influencing embryogenesis, and subsequent proliferation and regeneration in liquid medium. *Plant Cell Tiss Org Cult* 44: 7-17
- Van der Vossen HAM, Walyaro DJ (1981) Coffee selection and breeding. In: Clifford MN Wilsons KC (eds.) *Coffee, Botany, Biochemistry and Production of Beans and Beverage*. Crom Helm Ltd., pp 49-96
- Zamarrippa A, Ducos JP, Bollon H, Dufour M, PJtiard V (1991) Production of coffee somatic embryos in liquid medium: effects of inoculation density and renewal of the medium. *CafJ Cacao ThJ* 35: 233-244.

### FIGURE LEGENDS

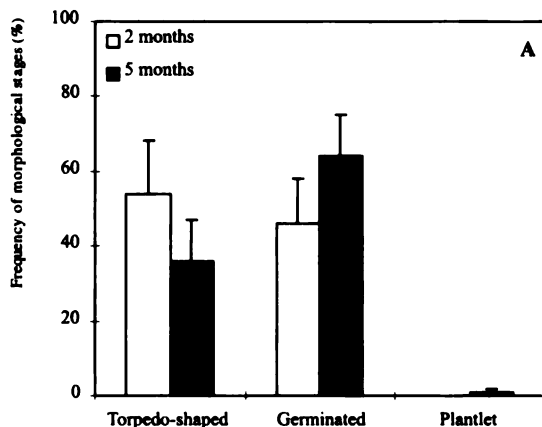


Fig 2. Morphological stages of somatic embryos in bioreactor

**Figura 1.** (A) 11-RITA7 bioreactor used for temporary immersion culture. (B) Morphological stages of somatic embryos obtained in the temporary immersion bioreactor; tor, "torpedo-shaped@ stage; ger, Agerminated@ stage; pla, "plantlet" stage; bar = 5 mm. (C) Morphological aspect of somatic embryos germinating at a culture density of 1600 embryos / bioreactor observed after 2 months germination. (D) *Coffea arabica* plants obtained from somatic embryos cultured in bioreactor after 4 month of direct sowing in soil. (E) Morphological comparison of plants obtained either by direct sowing of somatic embryos (se, on the left) or from sown seeds (sd, on the right).

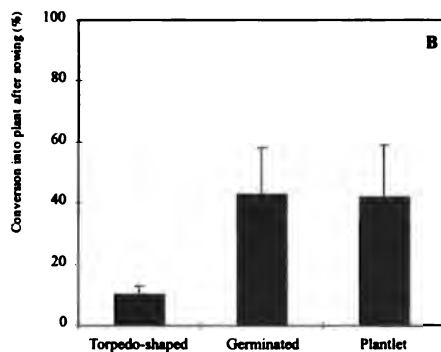


Fig 2. Morphological stages of somatic embryos in bioreactor

**Figura 2.** Changes in the morphology of *Coffea arabica* somatic embryos in a temporary immersion bioreactor after 2 (G) and 5 (O) months of germination (A) and conversion into plants after sowing in soil, depending on the morphological stage (B). The culture density used during germination was around 1,600 somatic embryos/bioreactor. Frequencies of the morphological stages are means " s.e. involving 4 bioreactors considered as replicates. Values shown for conversion into plants 2 months after sowing are means " s.e. of 3 to 5 replicates, each comprising 150 somatic embryos.



- **MANEJO INTEGRADO  
DE PLAGAS**





**EFFECTO DE 15 CEPAS DE HONGOS MICORRIZÓGENOS (HMA)  
SOBRE LA PRODUCCIÓN DE POSTURAS DE CAFETOS  
EN TRES TIPOS DE SUELOS DEL MACIZO MONTAÑOSO  
GUAMUHAYA.**

*Sánchez C<sup>1</sup>  
R. Rivera<sup>3</sup>  
C. González<sup>1</sup>  
R. Cupull<sup>1</sup>  
R. Herrera<sup>4</sup>  
C. Bustamante<sup>2</sup>*

**RESUMEN**

Los experimentos se desarrollaron durante tres campañas (1994-97), en el vivero de la Estación de investigaciones de café, Jibacoa, Provincia de Villa Clara, con el objetivo de determinar el comportamiento de 15 cepas de micorrizas (HMA) sobre el desarrollo de las posturas de cafetos, en tres de los principales tipos de suelos dedicados a este cultivo en el macizo montañoso Guamuhaya Ferralítico Rojo lixiviado, Fersialítico Rojo lixiviado y Pardo Gleyzoso. Se utilizó un diseño de bloques al azar con 16 tratamientos y tres réplicas, cuando las posturas arribaron a los siete meses posteriores a la siembra se realizó una evaluación a los índices: altura, diámetro del tallo, número de pares de hoja, área foliar, masa seca aérea, de la raíz y total, además se determinó el porcentaje de colonización micorrízica en las raíces. Los datos se procesaron mediante las técnicas de análisis multivariadas de componentes principales y cluster, expresando la primera la formación de una sola componente en cada caso que explicó en un 82.71, 88.00 y 87.52 (%) la variación original en los suelos Ferralíticos, Fersialíticos y Pardos respectivamente, no siendo los años una causa de variación en el comportamiento general de las cepas; la segunda técnica multivariada agrupo a las cepas de acuerdo a su comportamiento en los diferentes suelos. Se encontró un comportamiento diferenciado de la inoculación con las cepas de HMA por

---

<sup>1</sup> Investigadores auxiliares del departamento de nutrición y iofertilizantes de la Estación de investigaciones de café Jibacoa, Manicaragua Villa Clara

<sup>2</sup> Subdirector de la Estación central de café Tercer frente Santiago Cub

<sup>3</sup> Investigador titular subdirector Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas . Gaveta postal 1, San José de las Lajas, La Habana Cuba

<sup>4</sup> Investigador titular del departamento de Ecología del suelo, Instituto de Ecología y Sistemática (IES), Carretera de Varona Km 3 ½, Finca la Chata, Boyeros, Ciudad Habana, Cuba.

tipo de suelo, incrementándose los índices de eficiencia sobre la base del área foliar, a medida que disminuyó el nivel de fertilidad de estos. Los mayores valores (72.20, 68.15, 67.15 %) se alcanzaron con las cepas *Glomus manihotis*, *Glomus intraradices* y *Acaulospora scrobiculata* en el suelo Ferralítico lixiviado que fue el menos fértil de los estudiados. Se encontraron altos y significativos coeficientes de determinación entre el porcentaje de colonización y el área foliar alcanzado por las posturas para cada tipo de suelo, aunque fueron mayores en la medida que en el suelo se encontró una mayor respuesta a la inoculación con HMA: Ferralítico Rojo lixiviado > Fersialítico Rojo lixiviado > Pardo Gleyzoso.

**Palabras clave:** Coffea, Plantulas, Hongos micorrizógenos, suelo, superficie foliar, Cuba.

## INTRODUCCION

El uso indiscriminado de los productos químicos ha provocado grandes trastornos ecológicos en los agrosistema Altieri (1996), siendo esta una de las causas de que en los últimos años se ha incrementado el interés en el campo de la microbiología del suelo donde especial énfasis ha cobrado el estudio de las micorrizas vesículo-arbusculares por la contribución que estas realizan en la nutrición de las plantas Trimbre y Knowles, (1995), aunque variando su comportamiento en dependencia del tipo de suelo Siqueira y Franco, 1988.

Los principales tipos de suelo dedicados al cultivo del café en el macizo montañoso Guamuhaya son: el Ferralítico Rojo lixiviado, que unido al Ferralítico Rojo Amarillento lixiviado ocupan el 60.13 % de las áreas, caracterizándose por niveles

elevados de acidez, contenidos bajos de fósforo y bases cambiables, ubicándose fundamentalmente en las mayores altitudes, seguidos del Ferralítico Rojo lixiviado que representa el 22.53 % del total, González (1998).

El café es considerado un cultivo micorrízico obligatorio Sieverding (1991) que presenta una alta dependencia micorrízica (Siqueira y Franco, 1988), sin embargo López *et al.* (1986) encontraron un bajo índice de colonización en la mayoría de las posturas producidas en viveros comerciales, lo cual indica la necesidad de realizar la inoculación en esta fase.

El efecto beneficioso de la inoculación micorrízica sobre los índices morfológicos de las posturas de café se ha puesto de manifiesto en numerosas investigaciones Siqueira *et al* (1993), Saggin Junior *et al* (1994), Estrada y Sánchez- de-

Prager (1995), apreciándose un mayor crecimiento y porcentaje de supervivencia en el campo de las plantas que fueron inoculadas con estos hongos Mariscal *et al.* (1997) manteniéndose inclusive un efecto positivo en las primeras cosechas Siqueira *et al.* (1993), pero variando el comportamiento de las cepas en dependencia del tipo, nivel de fertilidad del suelo Rivera *et al.* (1997), recomendándose por Fernández (1999) la relación 5:1 para alcanzar una alta eficiencia micorrízica en los suelos Pardos y Fersialíticos.

El presente trabajo se desarrolló con el **objetivo de determinar el comportamiento de 15 cepas de hongos formadores de micorrizas arbusculares (HMA)** sobre el desarrollo de las posturas de café, en tres de los principales suelos dedicados al cultivo del café en el macizo montañoso *Guamuhaya*.

## ERIALES Y METODOS

Los experimentos se desarrollaron durante tres campañas (1994-97) en el período comprendido entre noviembre y junio, en el vivero de la Estación de Investigaciones de Café Jibacoa, Provincia de Villa Clara, ubicado a 340 m snm, con el objetivo de determinar el comportamiento de 15 cepas de hongos micorrizógenos arbusculares (HMA) sobre la producción de posturas de café en tres de los principales suelos dedicados al cultivo en el macizo montañoso Guamuhaya (Ferralítico Rojo lixiviado de montaña, Fersialítico Rojo lixiviado y Pardo Gleyzoso). Sus principales características químicas se describen en la tabla 1.

Se utilizó un diseño de bloques al azar con 16 tratamientos y 3 réplicas conformándose cada parcela por 40 bolsas, los tratamientos utilizados se describen a continuación:

Tratamientos	Cepas
T <sup>1</sup> - 5/1 + C <sup>1</sup> ...	<i>Clomus fasciculatum</i>
T <sup>2</sup> - 5/1 + C <sup>2</sup> .....	<i>Glomus manihotis</i>
T <sup>3</sup> - 5/1 + C <sup>3</sup> .....	<i>Glomus spurcum</i>
T <sup>4</sup> - 5/1 + C <sup>4</sup> .....	<i>Glomus agregatum</i>
T <sup>5</sup> - 5/1 + C <sup>5</sup> .....	<i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 1)
T <sup>6</sup> - 5/1 + C <sup>6</sup> .....	<i>Glomus etunicatum</i> , Pinar del Río.
T <sup>7</sup> - 5/1 + C <sup>7</sup> .....	<i>Clomus etunicatum</i> , Topes de Collantes
T <sup>8</sup> - 5/1 + C <sup>8</sup> .....	<i>Glomus mosseae</i> ( ecotipo 2)
T <sup>9</sup> - 5/1 + C <sup>9</sup> .....	<i>Glomus Glomus intraradices</i>
T <sup>10</sup> - 5/1+ C <sup>10</sup> ...	<i>Acaulospora scrobiculata</i>
T <sup>11</sup> - 5/1+ C <sup>11</sup> ...	<i>Glomus occultum</i>
T <sup>12</sup> - 5/1+ C <sup>12</sup> ...	<i>Glomus caledonium</i>
T <sup>13</sup> - 5/1 + C <sup>13</sup> ..	<i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 3)
T <sup>14</sup> - 5/1 + C <sup>14</sup> ...	<i>Glomus moseeae</i> (ecotipo 4)
T <sup>15</sup> - 5/ 1 .....	( <i>testigo sin inocular</i> )
T <sup>16</sup> -3/1 .....	(Tratamiento de producción, sin inocular).

3/1= *Tres partes de suelo y una de humus de lombriz. Tratamiento utilizado en la producción, Rodríguez (1992)*

5/1= *Cinco partes de suelo y una de humus de lombriz.*

Los primeros 15 tratamientos estuvieron conformados por la inoculación de 14 cepas de HMA y un testigo sin inocular, todos sobre un sustrato compuesto por la relación suelo/humus de lombriz 5/1, además se utilizó como referencia el tratamiento 3/1 (suelo/humus) T<sup>16</sup>, orientado para la producción de posturas por la Dirección Nacional de Café y Cacao. Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 14 cm de diámetro por 22 de alto llenadas con los diferentes sustratos, donde fueron sembradas dos semillas de *Coffea arabica* L. variedad 'Caturra rojo', cuando las plántulas arribaron a la fase de fosforito se dejó uno solo por bolsas. Las diferentes actividades culturales se realizaron según las Instrucciones Técnicas para el Cultivo del Café y el Cacao (Cuba. Ministerio de la Agricultura 1987).

### **Inoculación de las cepas**

Las cepas certificadas que se utilizaron, provenían del cepario del Instituto de Ecología y Sistemática (CITMA). El inoculante consistió en una mezcla de propágulos producto de la micorrización del *Sorghum* sp. en un suelo previamente esterilizado, conteniendo esporas, hifas y raicillas infectivas con una alta pureza (90 %)

y aplicándose a razón de 10 g por bolsas en el momento de la siembra localizado debajo de la semilla.

### **Evaluaciones**

Cuando las posturas arribaron a los 7 meses posteriores a la siembra de las semillas, se evaluaron en 10 plantas por parcela los siguientes índices: *Altura, diámetro del tallo, número de pares de hojas*, (se determinó considerando una hoja completamente formada cuando alcanzó 5 cm<sup>2</sup> de área foliar como mínimo), *masa seca* a partir de la extracción de las plantas de las bolsas, separación en órganos (hojas, tallos y raíces) y alcanzar peso constante en una estufa a 65 °C, el *área foliar* se estimó por el método descrito por Soto (1980) a partir del largo por ancho de las hojas.

Para conocer los porcentajes de colonización micorrízica se tomaron muestras de raíces (raicillas) y se les realizó la tinción por el método de Phyllips y Hayman (1970) y cuantificación de la infección por la técnica de conteo de intersectos (gridline) de Giovannetti y Mosse (1980).

Para determinar el efecto de la inoculación micorrízica se elaboró un índice de eficiencia (IE) a partir de la fórmula propuesta por Siqueira y Franco (1988).

$$IE \% = \frac{\text{Área foliar de las plantas micorrizadas} - \text{Área foliar del testigo sin inocular}(S/1)T^{12}}{\text{Área foliar del testigo sin inocular}(S/1)T^{15}} \times 100$$

**Análisis estadísticos utilizados**  
 Los datos fueron procesados mediante el paquete estadístico (Statística), realizando un análisis de componentes principales, el cual permite identificar los índices que en mayor grado explican la variación original, determinándose el efecto de los años y la contribución de cada variable, se estandarizaron las más representativas, procesándose mediante un análisis cluster tomando como base una distancia euclideana entre pares de observaciones, para facilitar la creación de los grupos de cepas de acuerdo a su comportamiento en cada tipo de suelo. Para conocer además el efecto de cada cepa sobre el área foliar de las posturas, se procedió a realizar un análisis bifactorial (HMA x años) en cada uno de los suelos. El efecto de las réplicas en los años, se eliminó

según Steel y Torrie (1990) y las medias se compararon mediante los rangos múltiples de Duncan.

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la tabla 1 aparecen las principales características químicas de los suelos utilizados, apreciándose los mayores valores nutrimentales y de pH en el Pardo Gleyzoso y Fersialítico Rojo lixiviado, considerándose ambos de fertilidad media sobre la base de los contenidos de fósforo y bases intercambiables Rivera *et al.* (1997); se destaca el Ferralítico Rojo lixiviado de montaña por tener altos niveles de acidez, bajos contenidos de materia orgánica, fósforo disponible y calcio intercambiable, considerándose por tanto un suelo de baja fertilidad.

Tabla 1. Principales características químicas de los suelos.

Tipo de suelo		PH	M.O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>**</sup>	Mg <sup>**</sup>		
Campaña		(KCl)	(%)	(mg.100) <sup>1</sup>		( cmol.kg <sup>-1</sup> )		Lugar	Fertilidad
Ferralítico Rojo de montaña	1994-95	4.71	2.48	3.97	5.80	2.72	1.30	Can - Can	Baja
Ferralítico Rojo de montaña	1995-96	4.80	2.56	3.74	5.83	3.00	1.41	Can - Can	Baja
Ferralítico Rojo de montaña	1996-97	4.62	2.40	4.20	5.77	2.43	1.20	Can - Can	Baja
Fersialítico Rojo lixiviado	1994-95	5.71	3.22	10.12	12.20	7.28	1.63	Rincón	Media
Fersialítico Rojo lixiviado	1995-96	5.82	3.30	10.75	12.97	8.17	1.60	Rincón	Media
Fersialítico Rojo lixiviado	1996-97	5.62	3.15	10.05	11.42	6.40	1.62	Boquerones	Media
Pardo Gleyzoso.	1994-95	5.91	3.50	15.50	19.30	7.66	2.30	La Villa	Media
Pardo Gleyzoso.	1995-96	6.00	3.42	19.14	17.50	8.33	2.20	6 <sup>o</sup> Congreso	Media
Pardo Gleyzoso.	1996-97	6.12	3.40	19.60	23.10	8.20	2.40	6 <sup>o</sup> Congreso	Media

<sup>1</sup>. Hernández *et al.* 1994.

Los análisis de los componentes principales realizados en los diferentes tipos de suelos (tabla 2), mostraron en todos los casos la formación de una sola componente que explicó en un alto porcentaje la variación total de los índices evaluados en los diferentes tratamientos, siendo de un 85.00, 85.46 y 87.00(%) para los suelos Ferralíticos Rojo lixiviado, Fersialíticos Rojo lixiviado y Pardos Gleyzoso respectivamente.

Se encontró una alta correlación entre las variables, siendo las más representativas la masa seca, el área foliar y la altura de las plantas, corroborándose lo planteado por Rivera *et al.* (1997) de que el área foliar es un índice que expresa

adecuadamente la respuesta del crecimiento integrado de las posturas, presentando además valores muy superiores al de los restantes índices, por lo cual fue seleccionada para realizar las principales discusiones en el presente trabajo.

En la figura 1 se aprecia como quedaron distribuidas y agrupadas las cepas de micorrizas de acuerdo a su comportamiento en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado de montaña. Se destaca un comportamiento estable y sostenido en las diferentes campañas, no siendo los años una causa de variación en su comportamiento general. El análisis de Cluster originó la formación de cuatro grupos:

**Tabla 2.** Componentes principales, vectores propios y porciento de contribución en cada suelo. (Promedio de tres campaña)

Variables	Ferralítico Rojo C1	Fersialítico Rojo C1	Pardo Gleyzoso C1
Altura	0.91*	0.93*	0.95*
Diámetro del tallo	0.87*	0.90*	0.90*
Pares de hojas	0.78*	0.79*	0.77*
Area foliar	0.96*	0.96*	0.96*
Masa seca aérea	0.97*	0.97*	0.97*
Masa seca de la raíz	0.96*	0.96*	0.97*
Masa seca total	0.97*	0.97*	0.98*
$\lambda$	5.94	5.98	6.08
<b>Contribución (%)</b>	<b>85.00</b>	<b>85.46</b>	<b>87.00</b>

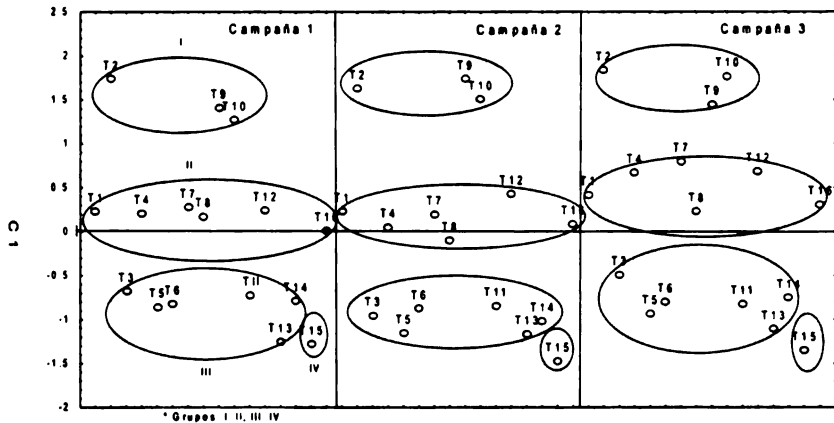
**Leyenda:** C1: Componente principal.

Grupo I: Integrado por las cepas *Glomus manihotis* (T<sup>2</sup>), *Glomus intraradices* (T<sup>9</sup>) y *Acaulospora scrobiculata* (T<sup>10</sup>), alcanzando los mayores valores promedio en altura, área foliar y masa seca total respectivamente. Similares resultados informó Fernández (1999), para las cepas *Glomus manihotis* (T<sup>2</sup>) y *Acaulospora scrobiculata* (T<sup>10</sup>), en suelos con características similares, corroborándose lo expresado por Barros (1987) acerca de que la cepa *Acaulospora scrobiculata* mantiene un buen comportamiento en suelos de baja fertilidad y altas condiciones de acidez. Es de destacar el buen comportamiento mostrado por la cepa *Glomus intraradices* (T<sup>9</sup>) lo que constituye la primera información experimental como cepa promisoría para estas condiciones.

Grupo II: Se formó por las cepas *Glomus fasciculatum* (T<sup>1</sup>), *Glomus agregatum*(T<sup>4</sup>), *Glomus etunicatum* (T<sup>7</sup>), *Glomus mosseae*(T<sup>8</sup>), *Glomus caledonium*(T<sup>12</sup>), mostrando estas un comportamiento similar al tratamiento de referencia (T<sup>16</sup>) con valores promedios en altura, área foliar y masa seca total de 23.73 cm; 432.78 cm<sup>2</sup> y 4.29 g respectivamente (tabla 3), lográndose en este grupo posturas que cumplen con los requisitos establecidos por Soto (1994) para posturas de óptima calidad, lo que indica que en ausencia de las cepas del primer grupo pueden ser utilizadas, ya que alcanzan valores similares al del tratamiento de referencia 3/1, utilizado en la producción, pero en este caso con un menor porcentaje de materia orgánica en las mezcla.

**Tabla 3.** Valores promedios de los índices analizados por cada grupo en el suelo Ferralítico Rojo

GRUPO (#)	CEPAS (#)	ALTURA (cm)	D.TALLO (cm)	PARES DE HOJAS (#)	AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	MASA SECA TOTAL (g)
I	2,9,10.	25.43 ± 0.75	0.43 ± 0.01	7.80 ± 0.10	511.20 ± 25.83	5.32 ± 0.14
II	1,4,7, 8,16,12.	23.73 ± 0.90	0.40 ± 0.01	7.62 ± 0.04	432.78 ± 22.66	4.29 ± 0.21
III	3,5,6,11,13,14.	20.92 ± 1.71	0.38 ± 0.01	7.38 ± 0.17	367.42 ± 14.35	3.14 ± 0.17
IV	15.	17.00 ± 0.00	0.35± 0.00	7.10 ± 0.00	306.00 ± 00.00	3.01 ± 0.00



**Figura 1.** Efecto de la inoculación de cepas de HMA sobre el desarrollo de las posturas de cafetos en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado. Análisis multivariado.

En el suelo Ferralítico Rojo lixiviado (figura 2) se mantuvo en las tres campañas un comportamiento muy estable y bien diferenciado de las cepas de (HMA). Los años ejercieron efecto muy ligeros sobre los valores absolutos de los índices evaluados, pero no sobre el comportamiento de las cepas.

El análisis “cluster” originó la formación de 4 grupo el primero integrado por las cepas *Glomus fasciculatum* (T<sup>1</sup>), *Glomus mosseae* (T<sup>5</sup>), *Glomus mosseae* (T<sup>8</sup>), alcanzando los mayores valores promedios en los diferentes índices morfológicos evaluados (tabla 4).

**Tabla 4.** Valores promedios de los índices analizados por cada grupo en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado.

GRUPO (#)	CEPAS (#)	ALTURA (cm)	D.TALLO (cm)	PARES DE HOJAS (#)	AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	MASA SECA TOTAL (g)
I.	1,5,8.	22.36 ± 1.25	0.41 ± 0.01	7.33 ± 0.11	527.17 ± 6.68	4.48 ± 0.12
II	3,7,11,14,16.	20.90 ± 0.59	0.39 ± 0.01	7.26 ± 0.15	447.98 ± 18.48	4.03 ± 0.12
III	4,6,12.	16.73 ± 0.21	0.37 ± 0.01	7.16 ± 0.15	361.27 ± 27.16	3.25 ± 0.15
IV	2,9,10,13,15.	16.74 ± 0.39	0.34 ± 0.02	6.90 ± 0.07	298.41 ± 13.35	2.86 ± 0.08

El segundo grupo se formó con las cepas *Glomus spurcum*(T<sup>3</sup>), *Glomus etunicatum* (T<sup>7</sup>), *Glomus occultum* (T<sup>11</sup>), *Glomus mosseae*(T<sup>14</sup>) que mostraron índices similares al de las posturas

obtenidas por el tratamiento utilizado en la producción (T<sup>16</sup>). Las cepas que ocasionaron los peores crecimientos fueron *Glomus manihotis* (T<sup>2</sup>), *Glomus intraradices* (T<sup>9</sup>), *Acaulospora*



*scrobiculata* (T<sup>10</sup>), *Glomus mosseae*(T<sup>13</sup>) y las cepas nativas (T<sup>15</sup>) con valores promedios en altura, área foliar y masa seca total de (16.74 cm, 298.41 cm<sup>2</sup> y 2.86 g) respectivamente, no reuniendo este grupo los requisitos mínimos estableci-

dos por Soto (1994) para considerar una postura apta para ser plantada que fue de 17 cm de altura, 300 cm<sup>2</sup> de área foliar, 3 gramos de masa seca total y 6 pares de hojas a los seis meses posterior a la siembra.

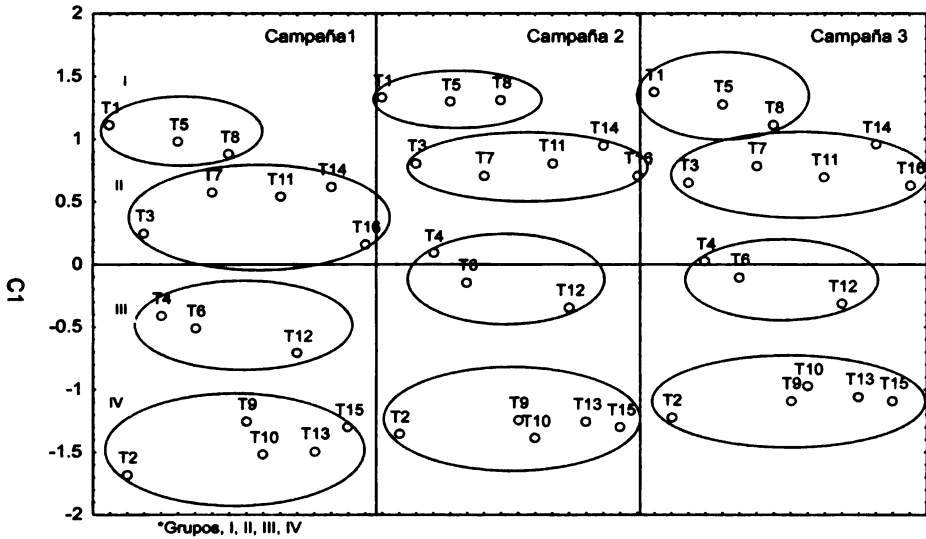


Figura 2. Efecto de la inoculación de cepas de HMA sobre el desarrollo de las posturas de cafetos en el suelo Fersialítico Rojo lixiviado. Análisis multivariado

En el suelo Pardo Gleyzoso las cepas mantuvieron un comportamiento similar en los tres años no siendo esta una causa de variación en el comportamiento general de las mismas destacándose la formación de cuatro grupos, el primero integrado por las cepas *Glomus fasciculatum* (T<sup>1</sup>), *Glomus mosseae* (T<sup>5</sup>) y *Glomus intraradices* (T<sup>9</sup>) es de señalar que las dos primeras mantuvieron un com-

portamiento similar en el suelo Fersialítico Rojo lixiviado y la última estuvo entre las más destacadas en el suelo Ferralítico Rojo. El grupo II. Estuvo conformado por cepas (*Glomus mosseae*(T<sup>6</sup>), *Glomus caledonium*(T<sup>12</sup>), *Glomus mosseae* (T<sup>13</sup>), *Glomus mosseae*(T<sup>14</sup>) que mantuvieron un comportamiento similar al obtenido con el tratamiento de referencia (Tabla 5).

**Tabla 5.** Valores promedios de los índices analizados por cada grupo en el suelo Pardo Gleyzoso.

GRUP O (#)	CEPAS (#)	ALTURA (cm)	D-TALLO (cm)	PARES DE HOJAS (#)	AREA FOLIAR (cm <sup>2</sup> )	MASA SECA TOTAL (g)
I.	1,5,9.	24.50 ± 0.30	0.42 ± 0.02	7.23 ± 0.11	476.43 ± 3.57	5.10 ± 0.04
II	8,12,13,14,16.	21.22 ± 1.48	0.42 ± 0.09	7.24 ± 0.06	395.24 ± 10.12	4.60 ± 0.20
III	2,3,4,7,11.	16.72 ± 0.36	0.38 ± 0.02	7.16 ± 0.11	342.93 ± 26.41	3.55 ± 0.10
IV	6,10,15.	15.36 ± 0.75	0.34 ± 0.01	6.93 ± 0.05	287.00 ± 13.31	2.99 ± 0.16

Se apreció en todos los suelos que existió una respuesta positiva a la aplicación de abono orgánico en el sustrato, con un comportamiento superior del tratamiento 3:1 con relación al tratamiento 5:1, lo que sugiere que en ausencia de la inoculación la micorrización natural no ocurre en una magnitud importante o no es eficiente, siendo necesario los aportes de nutrientes derivados de la mayor dosis de abono orgánico para garantizar los requerimientos nutrimentales de las posturas.

Según Trimble y Knowles (1995) los hongos micorrizógenos desarrollan un papel fundamental en los procesos de absorción de los nutrientes, incrementando la eficiencia de la absorción y permitiendo tomar nutrientes que se vuelven accesibles precisamente como consecuencia de las raíces micorrizadas. Esto puede explicar los sorprendentes resultados alcanzados cuando se inoculan cepas efectivas de (HMA) en el sustrato (5:1) superando inclusive en muchos casos a las posturas obtenidas en el

tratamiento recomendado en las normas técnicas que contiene un mayor porcentaje de materia orgánica.

En la tabla 6 se muestran los índices de eficiencia logrado por las cepas en los diferentes tipos de suelos, apreciándose que a medida que aumenta el nivel de fertilidad natural de estos, disminuyen los índices de eficiencias de las cepas más promisorias en cada uno, aunque siempre se encontraron un grupo de cepas cuya inoculación originó posturas más vigorosas y con mayor área foliar que los obtenidos con el tratamiento utilizado en la producción (T<sup>16</sup>), indicando la factibilidad de la inoculación con HMA, al originar posturas con un crecimiento mayor y por ende disminución en los insumos. El mayor porcentaje de eficiencia 72.20 % se obtuvo en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado, mientras que en el Pardo Gleyzoso solamente se alcanzó un 54.86 %, resultando de forma general el fenómeno de micorrización más eficiente, cuando las plantas se desarrollan en

condiciones no óptimas de disponibilidad de nutrientes, de manera que exista una ganancia neta para la misma con esta asociación, Siqueira y Franco (1988).

Es de destacar el marcado efecto diferenciado mostrado por las cepas en los diferentes tipos de suelos, quedando claramente definido en el desarrollo de las posturas de cafeto el alto grado de influencia del suelo sobre el efecto y eficiencia de las cepas en cuestión, aspecto este que regula la recomendación de cepas para obtener una alta respuesta a la micorrización. Siqueira y Franco, (1988) ; Rivera *et al.* (1997)

Las cepas *Glomus manihotis*, (T<sup>2</sup>) *Glomus intraradices* (T<sup>9</sup>) y *Acaulospora scrobiculata* (T<sup>10</sup>) alcanzaron los mayores índices de eficiencias (72.20, 68.15 y 67.15 %) en el suelo Ferralítico Rojo lixiviado que presentó los niveles más bajos en pH y disponibilidad de nutrientes, sin embargo sus índices de eficiencias en el Ferralítico Rojo lixiviado se encontraron entre los más bajos (-1.20, -6.80 y -10.00%), manteniendo un bajo índice la *Acaulospora scrobiculata* en el suelo Pardo Gleyzoso, sin embargo la cepa *Glomus intraradices* estuvo entre las más eficientes en este suelo.

**Tabla 6.** Area foliar y porcentaje de colonización fúngica de las posturas en los tres suelos estudiados (Valores medios de las tres campañas).

TRATAMIENTOS	Ferralítico Rojo		Ferralsáltico Rojo		Pardo Gleyzoso	
	Area fol. (cm <sup>2</sup> )	Col. Fúng. (%)	Area fol. (cm <sup>2</sup> )	Col. Fúng. (%)	Area fol. (cm <sup>2</sup> )	Col. Fúng. (%)
1. 5:1 + <i>Glomus fasciculatum</i> (Dijón Francia)	419.47 bc	45.33 bc	519.49 a	55.60 a	470.32 a	50.00 b
2. 5:1 + <i>Glomus clarum</i> (CIAT Colombia)	527.50 a	62.00 a	307.70 de	38.83 c	352.73 c	43.30 c
3. 5:1 + <i>Glomus sparcum</i>	380.74 c	33.30 d	440.72 b	45.00 b	366.89 bc	32.33 f
4. 5:1 + <i>Glomus agregatum</i>	440.82 bc	43.00 bc	389.00 c	38.60 c	371.83 bc	38.00 de
5. 5:1 + <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo1) Topes de C.	353.80 cd	27.50 e	515.42 a	54.33 a	481.55 a	55.00 a
6. 5:1 + <i>Glomus etunicatum</i> , Pinar del Río	368.55 c	36.32 d	360.34 cd	34.00 d	282.54 d	27.00 gh
7. 5:1 + <i>Glomus etunicatum</i> , Topes de Collantes	449.02 b	44.33 bc	450.04 b	45.00 b	326.75 cd	30.00 fg
8. 5:1 + <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 2)	422.36 bc	40.80 c	514.20 a	54.00 a	406.63 b	40.83 cd
9. 5:1 + <i>Glomus intraradices</i> (UNAM Mexico)	515.09 a	58.00 a	290.25 de	38.50 c	478.54 a	55.33 a
10. 5:1 + <i>Acaulospora scrobiculata</i>	512.04 a	59.33 a	280.25 e	24.60 e	269.26 d	32.66 f
11. 5:1 + <i>Glomus occultum</i>	354.84 cd	26.30 e	460.30 b	46.00 b	329.60 cd	33.50 f
12. 5:1 + <i>Glomus caledonium</i>	452.83 b	46.30 b	334.80 d	27.00 e	397.42 bc	39.00 cd
13. 5:1 + <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 3)	364.95 cd	35.33 d	311.60 de	23.60 e	386.42 bc	34.00 ef
14. 5:1 + <i>Glomus mosseae</i> (ecotipo 4)	384.76 c	25.50 e	464.67 b	46.30 b	408.67 b	40.00 cd
15. 5:1 *	306.33 d	22.65 e	311.44 de	24.00 e	309.00 cd	25.33 h
16. 3:1*	402.62 bc	28.07 e	430.40 bc	24.15 e	392.66 bc	26.13 gh
CV%	7.43	6.81	6.41	6.04	7.21	6.31
ES ± trat.	17.86***	1.54***	14.78***	1.36***	15.69***	1.31***

\* Medias con letras desiguales difieren para P ≤ 0.001 según Dócima de Duncan

\* La micorrización se efectuó con los propágulos nativos existentes en el sustrato

3:1= Tres partes de suelo y una de humus de lombriz. (Normas técnicas)

5:1= Cinco partes de suelo y una de humus de lombriz.

Con relación a los porcentajes de colonización fúngica, se observó que la inoculación incrementó en todos los casos esta variable, observándose una fuerte relación lineal entre el área foliar de las posturas y el porcentaje de ocupación fúngica, figura 3, lo cual partiendo de la respuesta a la

micorrización obtenida en estos experimentos, permite comprobar que las cepas con mayor efecto agrobiológico y con una micorrización más eficiente fueron las que presentaron mayores porcentajes de colonización u ocupación fúngica.

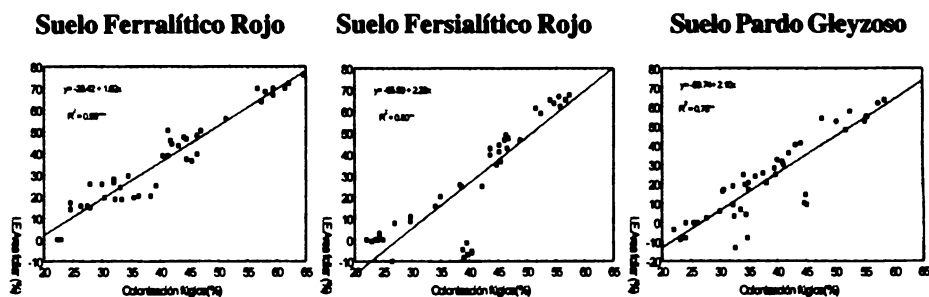


Figura 3. Relaciones entre la colonización del hongo (%) y el índice de eficiencia del área foliar (I.E%) y de las posturas de café.

Los porcentajes de colonización micorrízica obtenidos oscilaron entre 19 y 60 %, rango entre los que se encuentran los valores obtenidos por Siqueira *et al.* (1993) y Rivera *et al.* (1997) en el propio café.

Se encontró así mismo que si bien existió una fuerte relación entre el porcentaje de colonización y el área foliar en todos los suelos estudiados, con altos y significativos coeficientes de determinación ( $R^2$ ), estos variaron entre cada suelo y se ordenaron de la siguiente forma Ferralítico Rojo lixiviado > Fersialítico Rojo lixiviado > Pardo Gleyzoso, de forma similar a como se presentó el grado de respuesta a la micorrización, indicando a través de la comparación

entre los valores de ( $R^2$ ) el grado de incidencia o participación de la micorrización en el desarrollo de las posturas en cada suelo.

No obstante a la anterior conducta general existieron cepas como la *Glomus manihotis* (T<sup>2</sup>), *Glomus fasciculatum* (T<sup>1</sup>) y *Glomus intraradices* (T<sup>9</sup>) que produjeron elevados porcentajes de colonización fúngica en todos los suelos independientemente de su efecto sobre el área foliar, lo cual además de poder estar relacionado con la infectividad de estas cepas sugiere que este índice tiene cierta limitación para evaluar el funcionamiento fúngico, Herrera *et al.* (1995); Fernández (1999), recomendándose

por estos autores otros como la densidad visual y la masa del endófito arbuscular.

## CONCLUSIONES

- Se encontró un marcado efecto diferenciado de las cepas, variando este con el nivel de fertilidad y tipo de suelo utilizado.
  - Los mayores índices de eficiencias (72.20, 68.15 y 67.15%) se obtuvieron en el suelo Ferralítico Rojo de montaña con las cepas *Glomus manihotis* (T<sup>2</sup>), *Glomus intraradices* (T<sup>9</sup>), *Acaulospora scrobiculata* (T<sup>10</sup>), seguidos por el Fersialítico Rojo lixiviado (66.80, 65.50 y 65.10 %) con las cepas *Glomus fasciculatum* (T<sup>1</sup>), *Glomus mosseae ecotipo1* (T<sup>5</sup>) y *Glomus mosseae ecotipo2* (T<sup>8</sup>) en el Pardo Gleyzoso los mayores valores (54.86, 54.84 y 52.20%), se alcanzaron con las cepas *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae ecotipo 1* (T<sup>5</sup>) y *Glomus fasciculatum* respectivamente.
  - En todos los suelos si no disponemos de las cepas del grupo I; se pueden utilizar las del II, ya que con las mismas se obtienen posturas con índices de crecimiento similares al obtenido en el tratamiento de normas técnicas pero con un menor porcentaje de materia orgánica en la mezcla.
- Se encontraron correlaciones lineales positivas y significativas entre los porcentajes de colonización fúngica y el área foliar de las posturas, indicando que de forma general las cepas más eficientes formaron una mayor cantidad de estructuras fúngicas. Estas relaciones fueron más estrecha en la medida que hubo un mayor respuesta a la micorrización en el suelo y se comporto de la forma siguiente: (R<sup>2</sup>) Ferralítico Rojo > (R<sup>2</sup>) Fersialítico > (R<sup>2</sup>) Pardo .

## BIBLIOGRAFIA

1. ALTIERI, M.A. Bases agroecológicas para una agricultura sustentable. agroecología y agricultura sostenible .— 1ed: .— CLADES, 122-149 .— 1996
2. BARROS, A. Micorrizas vesículo -arbusculares en coffeiros da regio sul do estado de Minas Gerais. Tesis presentada para optar por el grado científico de Master en Ciencias. Lavras. Minas Gerais. 1987.— 97 p.
3. Cuba, Ministerio de la Agricultura. Instrucciones Técnicas para el Cultivo del Café y el Cacao.—Ciudad de La

- Habana: CIDA. 1987.— 208 p.
4. ESTRADA, M.G Y MARINA SÁNCHEZ- DE-PRAGER. Dependencia del café (*Coffea arabica* L var. Colombia ) por la micorriza vesículo arbusculares. Universidad Nacional de Colombia. Palmira.,— Colombia. Acta agronómica 45:1,85—88, 1995.
  5. FERNÁNDEZ, F. Efecto del uso de las asociaciones micorrízicas arbusculares (va), diferentes sustratos y algunas rizobacterias sobre la producción de posturas de cafetos. ( *C. arabica* Lin.). Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. INCA .— La Habana. 1999, .—121p.
  6. GIOVANNETTI, M. AND B. MOSSE. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infections in root New phytol. 489-500, 1980.
  7. GONZÁLEZ, C. et al. Diagnóstico de los factores edáficos que limitan la producción cafetalera en el Escambray. Informe de etapa. 1998.— 12p.
  8. HERNÁNDEZ, A. et al. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelo. (Minagri).—La Habana, 1994.— 46 p.
  9. HERRERA, R. A. et al. Estrategia de funcionamiento de las micorrizas (va) en un bosque Tropical. Biodiversidad en Ibero América: Ecosistemas, Evolución y Proceso sociales, (Eds. Maximina Monasterio): Programa Iberoamericano de Ciencias y Tecnología para el desarrollo. Sub-programa XII, Diversidad Biológica, Mérida, 1995.
  10. LÓPEZ, E. S; R. DÍAZ Y A. M. COSTA. Problemas no desenvolvimiento e na colonizacáo micorrízica natural de mudas de café en viveiro. En: Reuniao Brasileiro Sobre Micorrizas. Lavras 1986.— 156 p.
  11. MARISCAL, E.; FANZUETO; A. GARCÍA Y A. MOLINA. Evaluación del efecto de las micorrizas en almacigos de café, EN: Memorias del XVIII simposio Latino americano de café (IICA, ICAFE).— Costarrica . 165-170, 1997.

12. PHYLLIPS, D, M AND D. S. HAYMAN. Improved procedures for clearing roots and staining parasites and vesicular - arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Trans British Mycol. Soc.—Londres 55: 101-188, 1970.
13. RIVERA, R. et al. Efecto de la inoculación con hongos micorrizógenos (v.a) y bacterias rizosféricas sobre el crecimiento de las posturas de cafeto. Cultivos Tropicales 18(3): 15-23, 1997.
14. SAGGIN - JUNIOR, J. O et al. Interacao fungos micorrízicos versus superfosfato e seus efectos no crescimento e Teores de nutrientes do cafeeiro em solo ñao fumigado, Biología do solo. Ciencia do solo. Campinas; 18: 27-36, 1994.
15. SIQUEIRA, J. O Y A. FRANCO. Biotecnología do solo Fundamentos e Perspectivas. Ciencias nos Tropicis Brasileiros. Serie Agronomia. 1988, 235 p.
16. SIQUEIRA, J. O. et al. Crescimento de mudas e producao do cafeeiro sobre influencia de fungos micorrízicos e superfosfato. En: Biología do solo. Ciencia do solo 17(1): 53-60.—1993.
17. STEEL, R Y TORRIE, J. Bioestadística. Principios y procedimientos. México Mc Graw/ Interamericana de intraradices, 328-333.—1990.
18. SOTO, F. Estimación del área foliar en C. arabica L. a partir de las medidas lineales de las hojas. Cultivos Tropicales 2(3): 115-128, 1980.
19. SOTO, F. Crecimiento de posturas de café (C.arabica L.) influido por diferentes condiciones de aviveramiento (Resumen de tesis presentada en opción del grado científico de Dr. en ciencias INCA.—La Habana 1994.—34p .
20. TRIMBLE, M.R. AND R. N, KNOWLES. Influence of vam and phosphorus on growht, carbohydrate partitioning and mineral nutrition of greenhouse (Cucumis sativa l.) plants during establiment. Can. J.Plant Science.75: 239-250. 1995.





## LEVANTAMENTO DA FAUNA DE HOMÓPTEROS VETORES DE *Xylella fastidiosa* EM VIVEIROS DE MUDAS DE CAFEIEIRO (*Coffea arabica* L.)

Ana Maria Meneguim<sup>1</sup>

Luciana Akemi Kimura<sup>2</sup>

Rui Pereira Leite Jr.<sup>1,3</sup>

### RESUMO

*Xylella fastidiosa* é uma bactéria responsável por doenças de importância econômica em diversas plantas de interesse agrícola. Recentemente, essa bactéria foi constatada em cafeeiro (*Coffea arabica* L.), associada a sintomas de depauperamento generalizado, incluindo ramos com internódios curtos e folhas cloróticas, pequenas e deformadas. *X. fastidiosa* é transmitida por insetos que se alimentam do xilema das plantas, principalmente por cigarrinhas da família Cicadellidae. Como a fauna de homópteros associada a plantas de café é pouco conhecida, foi realizado o presente estudo visando a identificação de vetores potenciais da bactéria *X. fastidiosa*. Para tanto, foram feitas amostragens quinzenais, utilizando armadilhas adesivas e rede entomológica, em viveiros de café em diferentes regiões do Estado do Paraná. Os resultados revelaram a existência de grande diversidade na população da fauna pertencente à divisão Auchenorrhyncha em viveiros de mudas de cafeeiro, com mais de 120 diferentes espécies de cigarrinhas presentes em cada um dos viveiros amostrados. Mais de 70% dessas espécies são pertencente à família Cicadellidae. Entre as onze espécies comprovadamente transmissoras de *X. fastidiosa* em citros no Brasil, nove foram detectadas nos viveiros de mudas de cafeeiro: *Acrogonia terminalis*, *Dilobopterus costalimai*, *Oncometopia fascialis*, *Sonesimia grossa*, *Plesiommata corniculata*, *Homalodisca ignorata*, *Macugonalia leucomelas*, *Ferrariana trivittata* e *Bucephalogonia xanthophis*.

**Palavras-chave:** vetor, clorose variegada dos citros, Homoptera, diversidade.

<sup>1</sup> Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR, 86001-970 Londrina, PR, Brasil, e-mail: meneguim@pr.gov.br;

<sup>2</sup> Universidade Estadual de Londrina – UEL, Campus Universitário, Departamento de Biologia, 6001, 86051-970 Londrina, PR, Brasil.

<sup>3</sup> Bolsista do CNPq.

## INTRODUÇÃO

*Xylella fastidiosa* é uma bactéria responsável por doenças de importância econômica em diversas plantas de interesse agrícola no continente americano, como a doença mal de Pierce em videira, “phony peach” em pessegueiro, escaldadura da folha em ameixeira e enfezamento em alfafa (Hopkins, 1989). Na região sul do Brasil, a escaldadura da folha de ameixeira foi o principal fator responsável pelo declínio da cultura a partir do início da década de setenta (French & Feliciano, 1982; Kitajima *et al.*, 1981; Mohan *et al.*, 1980). A partir do final da década de 80, a clorose variegada dos citros, também causada por *X. fastidiosa* (Chang *et al.*, 1993; Leite & Leite, 1991; Rossetti *et al.*, 1990), tem se constituído na maior ameaça para a citricultura brasileira. Além dessas duas doenças, a bactéria *X. fastidiosa* também foi constatada em cafeeiro na região centro-sul do Brasil (Paradela *et al.*, 1995). Cafeeiros infectados pela bactéria apresentam sintomas de depauperamento generalizado, incluindo ramos com internódios curtos e folhas cloróticas, pequenas e deformadas (Paradela *et al.*, 1995). Normalmente, essas plantas apresentam intensa desfolha, morte e seca de ramos. A presença de *X. fastidiosa* também já foi constata-

da em mudas de cafeeiro (*C. arabica*) (Ribas *et al.*, 1998).

*X. fastidiosa* é transmitida por cigarrinhas sugadoras do xilema (Hopkins, 1989), dependendo obrigatoriamente de insetos vetores para sua disseminação natural. Os vetores das diversas estirpes de *X. fastidiosa* são cigarrinhas das famílias Cicadellidae e Cercopidae, as quais pertencem à ordem Hemiptera, subordem Homoptera e divisão Auchenorrhyncha (Nielson, 1968). Atualmente, onze espécies de cigarrinhas pertencentes à família Cicadellidae foram comprovadas como transmissoras da bactéria em citros (Lopes *et al.*, 1996; Yamamoto *et al.*, 2000). Existe uma série de outras cigarrinhas que potencialmente podem transmitir a bactéria devido à sua alimentação ocorrer nos vasos do xilema. As cigarrinhas podem transmitir a bactéria em todas as suas fases de desenvolvimento (Purcell, 1979).

Conhecimentos sobre os vetores da bactéria *X. fastidiosa* no Brasil são ainda limitados, especialmente na cultura do café, na qual a associação da bactéria com o cafeeiro foi relatada recentemente (Paradela *et al.*, 1995). Assim, o objetivo deste estudo foi obter informações sobre a composição, diversidade e frequência das espécies de cigarrinhas potenciais vectoras de *X. fastidiosa*. Levantamentos sistemá-

ticos foram realizados em viveiros de mudas de cafeeiro em diferentes regiões do Estado do Paraná.

## MATERIAL E MÉTODOS

**Amostragens de campo.** O levantamento de insetos vetores potenciais da bactéria *X. fastidiosa* foi realizado em viveiros representativos das principais regiões produtoras de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) do Estado do Paraná. As amostragens foram realizadas quinzenalmente utilizando armadilhas adesivas e rede entomológica. Em cada viveiro foram instaladas dez armadilhas adesivas amarelas a uma altura de aproximadamente 0,5 m das plantas. Na amostragem com a rede entomológica foram realizadas dez redadas em dez pontos dentro do viveiro. O material amostrado foi processado no laboratório de Entomologia do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Londrina, PR, Brasil.

**Montagem de mostruário.** Exemplos das diferentes espécies capturadas foram separados com base nas características morfológicas, receberam uma identificação numérica e foram montados em alfinetes entomológicos para compor mostruário de referência. Com base neste mostruário foi feita a quantificação das espécies

coletadas nos diferentes locais. Paralelamente à montagem do mostruário, 8 a 10 exemplares de cada espécie também montados em alfinetes entomológicos foram enviados para identificação taxonômica. As espécies de cigarrinhas foram identificadas pelos Drs. Rodney R. Cavichioli e Kate Zanol, entomólogos do Centro de Identificação de Insetos Fitófagos, da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

**Análise de frequência e constância.** Os espécimes amostrados foram quantificados, considerando o local, o número da espécie e o método de amostragem. Foi feita a quantificação das espécies por local e a determinação da frequência de cigarrinhas através da porcentagem de indivíduos de uma dada espécie com relação ao total de indivíduos capturados em cada local. A constância das espécies mais frequentes coletadas em viveiros foi calculada empregando-se a seguinte fórmula:

$$C(\%) = P/N * 100$$

Onde:

C = Constância das espécies, expressa em porcentagem;

P = Número de coletas contendo a espécie;

N = Número de coletas realizadas.

Com base em Bodenheimer (1955), citado por Silveira Neto *et al.* (1976), as espécies de cigarrinhas foram classificadas de acordo com as seguintes categorias:

- Espécies constantes: aquelas presentes em mais de 50% das coletas;
- Espécies acessórias: aquelas presentes em 25% a 50% das coletas;
- Espécies acidentais: aquelas presentes em menos de 25% das coletas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Diversidade e freqüência de espécies de cigarrinhas.** Os resultados obtidos durante o período de 18 meses de amostragens nas quatro regiões de estudo revelaram uma grande diversidade de espécies de cigarrinhas presentes em viveiros de mudas de cafeeiro no Estado do Paraná. Em cada um dos viveiros foram identificadas mais de cento e vinte diferentes espécies de cigarrinhas (Tabela 1). O número de espécies detectadas pode ser considerado elevado, uma vez que, há uma baixa diversidade de espécies vegetais presentes nos viveiros de mudas de cafeeiro.

Espécies de todas as famílias pertencentes à divisão Auchenorrhyncha foram detectadas nos viveiros, porém, houve predominância de espécie de cigarrinhas da família Cicadellidae (Fig. 1). Analisando o total de espécies pertencentes à família Cicadellidae, distribuídas nas oito subfamílias, observou-se que normalmente quatro subfamílias ocorreram em maior freqüência em cada uma das regiões estudadas (Fig. 2). Espécies de cigarrinhas pertencentes à subfamília Cicadellinae foram as mais freqüentes em três dos quatro viveiros de mudas de cafeeiro examinados (Fig. 2). Cabe salientar que na subfamília Cicadellinae estão presentes os principais espé-

cies vetoras de *X. fastidiosa* reportados para outras plantas cultivadas (Purcell, 1990).

O maior número de indivíduos coletados foi proveniente do município de Sertanópolis, seguido pelos municípios de Abatiá, Iporã e Jandaia do Sul, respectivamente (Tabela 2). Embora tenha sido detectada uma grande diversidade de espécies de cigarrinhas, somente nove espécies foram as mais freqüentes (Tabela 2). Oito espécies foram de ocorrência comum nas quatro regiões estudadas. Dentre essas espécies mais representativas em viveiros de cafeeiro, *B. xanthophis* também é a mais abundante em viveiro de citros, sendo assim considerada como uma espécie de grande importância dada a sua capacidade em transmitir a bactéria *X. fastidiosa* para plantas cítricas (Roberto & Yamamoto, 1998). As quatro espécies mais freqüentes representaram 61,7%, 83,8%, 66,7% e 67,6% do total de espécimes capturados nos viveiros de Abatiá, Sertanópolis, Jandaia do Sul e Iporã, respectivamente (Tabela 2).

**Constância.** Todas as espécies de cigarrinhas freqüentes foram consideradas constantes em todos os viveiros das regiões estudadas (Tabela 3). Destacando-se as espécies *B. xanthophis* e *M. consolidata* que estiveram presentes em 100% das coletas.

**Identificação taxonômica.** Mais de cinquenta espécies de cigarrinhas foram montadas e enviadas ao Centro de Identificação de Insetos Fitófagos da Universidade Federal do Paraná para identificação. Dessas, quarenta e cinco espécies de todas as regiões já foram identificadas. Entre essas cigarrinhas já identificadas, vinte e uma espécies foram de ocorrência comum nas quatro regiões estudadas.

Entre as onze cigarrinhas comprovadamente transmissoras da bactéria da CVC, nove espécies foram detectadas nos viveiros de cafeeiro, sendo elas: *Acrogonia terminalis*, *Dilobopterus costalimai*, *Oncometopia fascialis*, *Sonesimia grossa*, *Plesiommata corniculata*, *Homalodisca ignorata*, *Macugonalia leucomelas*, *Ferrariana trivittata* e *Bucephalogonia xanthophis*. Esses resultados demonstram um grande potencial de contaminação de mudas de cafeeiro por insetos vetores nos viveiros paranaenses e da disseminação da bactéria *X. fastidiosa*. A maioria das cigarrinhas comprovadamente transmissoras de *X. fastidiosa* em citros foram comumente encontradas nas diferentes regiões produtoras de mudas de cafeeiro no Estado do Paraná.

## CONCLUSÕES

Há uma grande diversidade de espécies de cigarrinhas em viveiros de mudas de cafeeiro nas principais regiões produtoras do Estado do Paraná;

A principal família de cigarrinhas presentes em viveiros é a Cica-dellidae;

Nove espécies de cigarrinhas comprovadamente transmissoras da bactéria *Xylella fastidiosa* para citros são detectadas em viveiros de mudas de cafeeiro nas principais regiões produtoras do Estado do Paraná: *Acrogonia terminalis*, *Dilobopterus costalimai*, *Oncometopia fascialis*, *Sonesimia grossa*, *Plesiommata corniculata*, *Homalodisca ignorata*, *Macugonalia leucomelas*, *Ferrariana trivittata* e *Bucephalogonia xanthophis*.

## BIBLIOGRAFIA

- CHANG, C. J.; GARNIER, M.; ZREK, L.; ROSSETTI, V.; BOVÉ, J.M. 1993. Culture and serological detection of the xylem-limited bacterium causing citrus variegated chlorosis and its identification as a strain of *Xylella fastidiosa*. *Microbiology*, v.27, p.137-142.

- FRENCH, W. I., & FELICIANO, A. 1982. Distribution and severity of plum leaf scald disease in Brasil. *Plant Disease*, v.66, p.515-517.
- HOPKINS, D. L. 1989. *Xylella fastidiosa*: xylem-limited bacterial pathogen of plants. *Annual Review of Phytopathology*, v.27, p.271-290.
- KITAJIMA, E.W.; MOHAN, S. K.; TSUNETA, M.; BLEICHER, J.; FRENCH, W. I.; LEITE JR, R. P. 1981. Ocorrência da escaldadura das folhas de ameixeira nos Estados do Paraná e Santa Catarina. *Fitopatologia Brasileira*, v.6, p.285-292.
- LEITE JR, R. P.; LEITE, R. M. V. B. 1991. Associação de *Xylella fastidiosa* com clorose variegada dos citros. *Summa Phytopathologica*, v.18, p.72.
- LOPES, J. R. S.; BERETTA, M. J. G.; HARAKAVA, R.; ALMEIDA, R. P. P.; KRÜGNER, R.; GARCIA JUNIOR, A. 1996. Confirmação da transmissão por cigarrinhas do agente causal da clorose variegada dos citros, *Xylella fastidiosa*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 29, Campo Grande, MS, Resumos, Fitopatologia Brasileira, v.21, p.343.
- MOHAN, S. K.; LEITE JR, R. P.; TSUNETA, M.; HAUAGE, R. 1980. Problemas de escaldadura da folha da ameixeira no Estado do Paraná. IAPAR, Londrina, PR, Brasil. 5p. IAPAR. Informe de Pesquisa, 31.
- NIELSON, M. W. 1968. The leafhopper vectors of phytopathogenic viruses (Homoptera: Cicadellidae) taxonomy, biology and virus transmission. USDA. 386p. Technical Bulletin, 1382.
- PARADELA FILHO, O.; SUGIMORI, M. H.; MACHADO, M. A.; LARANGEIRA, F. F.; GARCIA JUNIOR, A.; BERETTA, M. J. 1995. G. Primeira constatação em cafeeiro de *Xylella fastidiosa* causadora da clorose variegada dos citros. *Laranja*, v.1, p.135-136.
- PURCELL, A. H. 1979. Leafhopper vectors of xylem-borne plant pathogens. In: MARAMOROSCHI, K. & HARRIS, K. F (Ed.). Leafhopper vector and plant disease agents. p.603-622, New York: Academic Press.
- RIBAS, A. F.; UENO, B.; LEITE JR, R. P. 1998. Presença de *Xylella fastidiosa* em mudas de cafeeiro em viveiro. *Summa Phytopathologica*, v. 24, p. 63. (Abstr.)

ROBERTO, S. R. & YAMAMOTO, P. T. 1998. Ocorrência de cigarrinhas (Hemiptera: Cicadellidae) em viveiros cítricos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 17, Rio de Janeiro, RJ, v. 1, Resumos. p. 554.

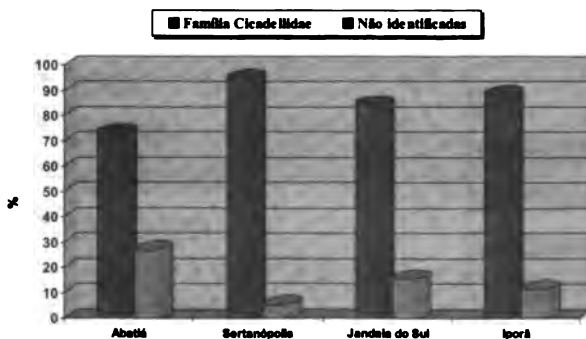
ROSSETI, V.; GARNIER, M.; BOVÉ, J. M.; BERETTA, M. J. G.; TEIXEIRA, A. R. P.; QUAGGIO, J. A.; DE NEGRI, J. D. 1990. Présence de bactéries dans le xylème d'oranges atteints de chlorose variégée, une nouvelle maladie des agrumes au Brésil. Comptes Rendus de l'Academie de Sciences, Paris, v.310, p.345-349.

SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O.; BARBIN, D. 1976. Manual de ecologia dos insetos. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 419 p.

YAMAMOTO, P. T.; ROBERTO, S. R.; DALLA PRIA JR., W.; FELIPPE, M. R.; MIRANDA, V. S.; TEIXEIRA, D. C.; LOPES, J. R. S. 2000. Transmissão de *Xylella fastidiosa* pelas cigarrinhas *Homalodisca ignorata*, *Acrogonia virences* e *Molomea cincta* (HEMIPTERA: CICADELLIDAE) em plantas cítricas. Summa Phytopathologica, v. 26, p. 128. (Abstr.)

**Tabela 1.** Número de espécies de cigarrinhas coletadas em viveiros de quatro regiões produtoras de mudas de cafeeiro no Estado do Paraná, Brasil, no período de Setembro de 1998 a Abril de 2000.

Município de amostragem	Número de espécies de cigarrinhas
Abatiá	173
Jandaia do Sul	152
Iporã	162
Sertanópolis	124



**Figura 1.** Percentagem de espécies de cigarrinhas da família Cicadellidae e de outras do do Paraná, Brasil, no período de Setembro de 1998 a Abril de 2000.

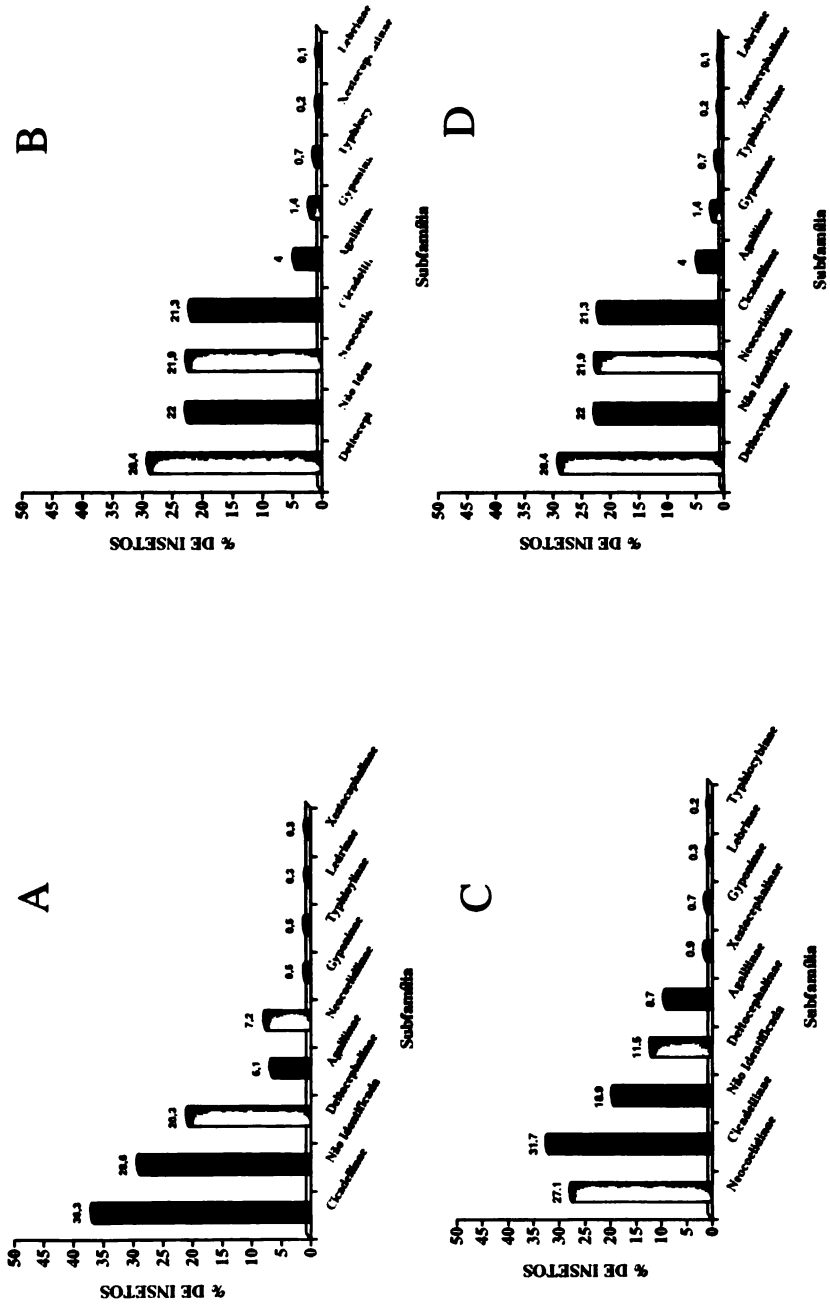


Figura 2. Subfamílias de cigarrinhas pertencentes à família Cicadellidae coletadas em viveiros de mudas de café dos municípios de (A) Abatiá, (B) Iporá, (C) Jandaia do Sul e (D) Sertãozinho, PR, Brasil, no período de Setembro de 1998 a Abril de 2000.



**Tabela 2.** Frequência de espécies de cigarrinhas predominantemente coletadas em viveiros de cafeeiro em diferentes regiões do Estado do Paraná, Brasil, no período de Setembro de 1998 a Abril de 2000.

Espécie	Local de Amostragem							
	Abatiá		Sertanópolis		Jandaia do Sul		Iporã	
	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
10.1 <sup>a</sup>	810	13,5	2.143	27,1	171	6,4	836	20,6
<i>Scaphitopus marginelatus</i>	8	0,1	757	9,5	20	0,7	40	0,9
<i>Agallia sp.</i>	247	4,1	829	10,5	207	7,8	134	3,3
<i>Oncometopia fascialis</i>	605	10,1	21	0,2	22	0,8	94	2,3
<i>Molomea consolidada</i>	260	4,3	9	0,1	492	18,6	143	3,5
<i>Bucephalagonia xanthophis</i>	606	10,1	32	0,4	66	2,5	272	6,7
96 <sup>a</sup>	729	12,2	9	0,1	66	2,5	114	2,8
106 <sup>a</sup>	425	7,1	2.819	35,7	715	27,1	876	21,6
<i>Acrogonia terminalis</i>	0	0,0	0	0,0	0	0,0	227	5,6
Outras	3.690	61,8	6.619	83,8	1.759	66,8	2.738	67,6
Total de indivíduos	5.975		7.894		2.635		4.047	

**Tabela 3.** Índices de constância (%) de espécies de cigarrinhas mais frequentes capturadas em viveiros de mudas de cafeeiro nos municípios de Abatiá, Jandaia do Sul, Iporã e Sertanópolis, PR, Brasil, no período de Setembro de 1998 a Abril de 2000.

Município	Espécie	Constância (%)
Abatiá	10.1	81,5 <sup>a</sup>
	<i>O. fascialis</i>	78,9 <sup>a</sup>
	<i>B. xanthophis</i>	86,8 <sup>a</sup>
	96	73,6 <sup>a</sup>
Iporã	10.1	97,3 <sup>a</sup>
	<i>B. xanthophis</i>	100,0 <sup>a</sup>
	106	94,7 <sup>a</sup>
	187	78,9 <sup>a</sup>
Jandaia do Sul	10.1	73,6 <sup>a</sup>
	<i>Agallia sp.</i>	86,8 <sup>a</sup>
	<i>M. consolidada</i>	100,0 <sup>a</sup>
	106	97,3 <sup>a</sup>
Sertanópolis	10.1	90,0 <sup>a</sup>
	<i>S. marginelatus</i>	76,6 <sup>a</sup>
	<i>Agallia sp.</i>	93,3 <sup>a</sup>
	106	96,6 <sup>a</sup>



**CONSIDERACIONES SOBRE LOS ASPECTOS BIOLÓGICOS DE LA AVISPA DE UGANDA, *Prorops nasuta* WATERSTON, 1923 (HYMENOPTERA: BETHYLIDAE) EN BRASIL.**

Vera Lúcia Rodrigues Machado Benassi<sup>1</sup>

**RESUMEN**

La broca del café, *Hypothenemus hampei* representa el más grande problema fitosanitario de los cultivos de café perteneciente a la especie *Coffea canephora*, variedad conilon, en el estado de Espírito Santo, principal productor brasileño de la especie.

Debido a los elevados perjuicios ocasionados por la plaga, se hizo estudios con el objetivo de investigar la potencialidad del parasitoide *Prorops nasuta* en su control. Esta especie fue introducida en Brasil en el año de 1929, tornándose establecida en varias regiones del país.

En laboratorio, se determino algunos aspectos biológicos de la avispa, criada en frutos brocados de *C. canephora*, durante cinco generaciones. La *P. nasuta* presentó un promedio de 9,9; 7,1; 4,9; 5,2 y 5,9 descendientes por hembra, respectivamente en la primera, segunda, tercera, cuarta e quinta generaciones. La relación sexual verificada fue de un macho para 5,2 hembras en la primera generación y de números más grandes para las demás, llegando a 28,5 hembras para cada macho en la quinta. La reproducción del tipo partenogénesis fue constatada entre algunas hembras originando solamente machos.

El número de días para emergencia de los descendientes fue variable entre las generaciones, influenciada por la luminosidad.

**Palabras clave:** *Hypothenemus hampei*, broca del café, *Prorops nasuta*, avispa de Uganda, control biológico.

---

<sup>1</sup> EMCAPER – Empresa Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural, Estado de Espírito Santo, Brasil.

## INTRODUCCIÓN

La broca del café, *Hypothenemus hampei* fue relatada por primera vez en Brasil, en el año 1913, cuando fue detectada en semillas de café provenientes del Congo Belga (Berthet, 1913). Aunque la plaga estuviese presente en algunos cultivos desde ese año, solamente en 1924 fue registrada oficialmente, cuando su población atingió niveles alarmantes.

Varias medidas de control fueron establecidas, destacándose entre ellas, el expurgo del café cogido, repase y limpieza de todos los lotes, destrucción de los cafetales abandonados e inspección de las áreas exentas de broca (Anónimo, 1924).

Las medidas retardaron, de cierta manera, el avance del insecto, pero no evitaron el ritmo siempre creciente de su población, llegando a todas las áreas cultivadas con café del país. Conociendo los trabajos que estaban siendo desarrollados en Java con el parasitoide *P. nasuta*, Azevedo (1925) aconsejó su introducción en Brasil. En junio de 1929, Hempel trajo la avispa de Kampala e inició su cría, liberando los primeros ejemplares en el año de 1930 (Hempel, 1934). Su multiplicación y liberación fueron continuadas, estableciéndose en las fincas donde fueran colonizadas.

Según Ronna (1934), *P. nasuta* había reducido la población de la broca a 3%, cuando en los años anteriores el índice llegara a 60%.

La cría de la avispa también era hecha por los productores en sus fincas, pero, con el pasar de los años los agricultores fueron desinteresándose por su cría, diciendo que la broca no más ocurría en sus propiedades, o que no había necesidad de criar a las avispas porque ya existían en sus cafetales. (Anónimo, 1939).

En el año de 1942, el problema con la broca volvía a ser serio porque no fue buscado adecuar el número de ejemplares de avispa de Uganda con la densidad poblacional de la plaga, aún que el parasitoide había sido introducido recientemente, sometido, por tanto, a una fase de adaptación a las nuevas condiciones climáticas (Toledo, 1942).

Con el apareamiento de los productos químicos, a partir del año de 1947 se pasó a practicar el control químico contra la broca y el control biológico a través de la avispa fue abandonado.

Varios años después, investigadores detectaran la presencia del parasitoide en algunas regiones del país: Yokoyama et al., en 1977 observaron en un cultivo de Piracicaba, estado de São Paulo, considerando que, al revés de lo que se pensaba, su establecimiento ocurrió, superando hasta mismo los estiajes y los rigores del invierno, como lo ocurrido en 1975, cuando la mayor parte de los cafetales fueron destruidos por la helada. Ferreira (1980) constató su presencia en los años de 1978 a

1980 en tres localidades del estado de Minas Gerais; Carneiro Filho (1984) observó la avispa en una propiedad del Paraná, y según él, había sido introducida en la región en el año de 1943, resistiendo a las heladas e insecticidas durante más de cuarenta años y Benassi (1995) registró su presencia en tres localidades del Espírito Santo, en los años de 1990 a 1994.

Aunque la broca del café esté presente en todas las regiones cafetaleras de Brasil, los cultivos de *Coffea canephora* son los más atacados, considerándose la plaga como el principal problema fitosanitario.

Con el objetivo de evaluar la posibilidad de la utilización de la *P. nasuta* en el control biológico de la broca, se efectuó estudios relacionados con los aspectos biológicos del parasitoide en laboratorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue conducido en el Laboratorio de Control Biológico de EMCAPER, Empresa Capixaba de Pesquisa Asistencia Técnica y Extensión Rural, en Linhares, Espírito Santo, Brasil.

Para la obtención de la primera generación se individualizaron frutos de café frescos y brocados de la especie *Coffea canephora* en tubos de

vidrio, midiendo 8,5 X 2,5 cm, donde se introducía una hembra y un macho del parasitoide *Prorops nasuta*.

Después de la obtención de los adultos de primera generación, se individualizaron los insectos, a medida que ocurría la emergencia, en otros tubos para la obtención de otras generaciones.

Observaciones diarias posibilitaron determinar el número de descendientes por hembra en cada generación, la relación sexual y el período para la salida de los descendientes de cada fruto.

La cría de los insectos se hizo en salas de creación donde la temperatura y humedad no eran controladas. Estos factores fueron registrados en termo higrógrafo con carga semanal.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La avispa de Uganda, *Prorops nasuta* penetra en el fruto de café a través del orificio hecho por la broca y no más sale hasta la emergencia de sus descendientes, así, todo el proceso de parasitismo y desenvolvimiento del ciclo biológico ocurre en el interior del fruto.

Los datos biológicos fueron considerados a partir de la emergencia de los descendientes adultos (Tabla 1).

**Tabla 1.** Número total de descendientes obtenidos por generación, promedio de descendientes por hembra y relación sexual de *Prorops nasuta*.

Generación	Número	Número de		Total	Media de	Relación sexual
	inicial	Hembras	machos			
	hembras					
1	71	590	113	703	9,9	1: 5,2
2	249	1642	129	1771	7,1	1: 12,7
3	456	2016	204	2220	4,9	1: 9,9
4	344	1702	70	1772	5,2	1: 24,3
5	20	114	4	118	5,9	1: 28,5

El número promedio de descendientes obtenidos por hembra varió de 4,9 a 9,9. La temperatura media registrada fue de  $22,8 \pm 3$  °C y humedad relativa de  $83 \pm 5\%$  durante la primera, segunda y tercera generaciones y de  $24,8 \pm 3$  °C y  $82 \pm 3\%$  durante la cuarta y quinta. Los datos se acercan a los encontrados por Begemann (1924/1925), citado por Hempel (1934) que encontró un promedio de 8 descendientes por hembra, diciendo que la capacidad ovipositora del parasitoide está directamente dependiente de la temperatura.

Con relación a esta última afirmación, no hubo concordancia con los datos obtenidos, ya que los números promedios de descendientes fueron variables entre las generaciones, mismo cuando criadas bajo temperaturas iguales.

Probablemente en este estudio, el factor que ejerció más influencia sobre la descendencia de las avispa fue el alimento, o sea, los frutos brocados utilizados para la cría de las últimas generaciones de la avispa presentaban un número más pequeño de estadios inmaduros disponibles, porque habían sido almacenados en heladera y posteriormente infestados artificialmente con la broca visto que el periodo coincidió con la época de entre zafra.

Además, aunque fue posible observar reproducción por partenogénesis originando solamente machos, hecho también observado por otros investigadores (Toledo, 1942; Delgado & Sotomayor, 1991), es probable que muchas hembras no presentaban esa capacidad reproductiva, así, cuando salían de los frutos aún no estaban fecundadas

y debido a la individualización haber sido hecha en el mismo día de emergencia, ocasionó una disminución del número de descendientes.

La relación sexual también fue variable a cada generación, ocurriendo en las últimas generaciones mayor número de hembras.

La salida de los descendientes originarios de una misma hembra no ocurrió en un mismo día, variando en intervalos hasta el máximo de ocho días. Fonseca & Autuori (1932) citados por Puzzi (1939), relataron que *P. nasuta* pone los huevos

parceladamente, a los grupos; así, probablemente, algunas veces, cada conjunto de hembras emergidas en un mismo día correspondió a una misma postura. Además, se debe considerar que la luminosidad ejerce gran influencia sobre la salida de las avispas de los frutos de café, donde fueron criadas, así, en días nublados la actividad de los insectos fue extremadamente baja.

El número promedio de días para la emergencia de los adultos de las diferentes generaciones de la avispa de Uganda varió de 34 a 51. (Tabla 2).

**Tabla 2.** Número de días para la emergencia de los descendientes de las generaciones de *Prorops nasuta*, después de la inoculación de hembras fundadoras.

Generación	Total de días para la emergencia	
Primera	Máximo	103
	Médio	51
	Mínimo	26
Segunda	Máximo	114
	Médio	51
	Mínimo	24
Tercera	Máximo	85
	Médio	44
	Mínimo	22
Cuarta	Máximo	92
	Médio	39
	Mínimo	21
Quinta	Máximo	45
	Médio	34
	Mínimo	22

Durante las primeras generaciones los descendientes levaron más tiempo para salir de los frutos, probablemente debido la ocurrencia de días nublados haber sido más grande.

Según Hempel (1934), el período de incubación de los huevos tiene una duración de 4-5 días, el desarrollo de la larva se verifica en 4 a 6 días y de la pupa, 14 a 24 días, completándose, así, el ciclo biológico de 28 a 34 días, influenciado por la temperatura y humedad relativa ambiente. Considerando que los descendientes emergidos abandonaban los frutos en el mismo día, el ciclo biológico observado en este trabajo fue semejante a los datos obtenidos por aquel autor.

### CONCLUSIONES

Del presente estudio se pueden establecer las siguientes conclusiones:

- El número promedio de descendientes de la avispa de Uganda, *Prorops nasuta* obtenidos de brocas criadas en frutos de *Coffea canephora* fue de 4,9 a 9,9 ejemplares por hembra, variando entre las generaciones dependiente del alimento y reproducción.
- La relación sexual verificada fue de un macho para 5,2 hembras en la primera generación y de números más grandes para las demás, llegando a 28,5 hembras para cada macho en la quinta.

- La emergencia de los descendientes de *Prorops nasuta*, en laboratorio fue influenciada por la luminosidad variando de 21 a 114 días después de la inoculación de las hembras fundadoras.

### BIBLIOGRAFÍAS

- ANÓNIMO. 1924. A praga dos cafeeiros de São Paulo. *Boletim do Ministério de Agricultura*, 13(2): 119-120.
- ANÓNIMO. 1939. O combate à broca do café pela vespa de Uganda. *O Biológico*, São Paulo, 5(6): 126-127.
- AZEVEDO, A. de. 1925. Como se vem combatendo o "*Stephanoderes coffeae* Hag.", broca-do-café paulista. *Correio Agrícola*, 3(1): 13-15.
- BENASSI, V.L.R.M., 1995. Levantamento dos inimigos naturais da broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferr., 1867) (Coleoptera: Scolytidae) no norte do Espírito Santo. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, SEB, 24(3): 635-638.
- BERTHET, J.A. 1913. Caruncho do café. *Boletim de Agricultura*, São Paulo, 14(5): 312-313.
- CARNEIRO FILHO, F., 1984. Constatação de *Prorops nasuta* Waterston, 1923: vespa de Uganda no estado



- do Paraná - Brasil, p.165.  
*In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 9, Londrina, PR..  
*Resumos.*
- DELGADO, D. R. & SOTOMAYOR, I.H. 1991. Algunos resultados sobre la cría, adaptación y colonización de los entomófagos *Proops nasuta* Waterston y *Cephalonomia stephanoderis* Betrem, en la regulación de poblaciones de *H. hampei* en el Ecuador. *Miscelánea, Sociedad Colombiana de Entomología*, 18: 58-75.
- FERREIRA, A. J. 1980. Observações sobre ocorrência de Vespa de Uganda *Proops nasuta* Waters., em lavouras da Zona da Mata, infestadas pela broca-do-café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari, 1867), *In:* CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIRAS, 8, p. 194-196. Londrina, PR.  
*Anais.*
- HEMPEL, A., 1934. A *Proops nasuta* Waterston no Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 5:197-212.
- HEMPEL, A., 1934. Combate à broca do café por meio da vespa de Uganda. *O Campo*, 5(2): 41-44.
- PUZZI, D., 1939. Valor do parasitismo da *Proops nasuta* Waterston no combate à broca-do-café. *Journal de Agronomia*, 2: 259-264.
- RONNA, E. 1934. Primeiro ensaio de catalogação dos insetos do Brasil auxiliares na luta contra as pragas. *O Campo*, Rio de Janeiro, RJ, 5(11): 65-68.
- TOLEDO, A.A. de, 1942. Notas sobre a biologia da vespa de Uganda *Proops nasuta* Waterst. (Hymenoptera: Bethyidae) no estado de São Paulo, Brasil. *Arquivos do Instituto Biológico*, 13:233-260.
- YOKOYAMA, M.; NAKANO, O.; RIGITANO, R.L. & NAKAYAMA, K., 1977. Situação atual da vespa de Uganda - *Proops nasuta* Waterston, 1923 (Hymenoptera: Bethyidae), *Científica*, 5: 394.



**AVANCES SOBRE CONTROL BIOLÓGICO DE LA BROCA  
DEL FRUTO DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei* Ferr.  
POR MEDIO DEL  
PARASITOIDE *Phymastichus coffea***

Angel Rafael Trejo,<sup>1</sup>  
Hugo Paz,<sup>2</sup> Raúl Muñoz<sup>3</sup>

**RESUMEN**

A través del Proyecto Manejo Integrado del Café, manejado por PROMECAFE y financiado por el fondo común de productos básicos y con el objetivo de agregar otra herramienta más en el control biológico de broca, en mayo de 1999, se introdujo a Honduras el *Phymastichus coffea*, originario de Africa. Hasta mayo del 2000 se han producido en el laboratorio, 297,222 adultos, de los cuales se han liberado 183,825 (61.85%) en seis fincas de tres departamentos del país. Los muestreos realizados indican que se ha establecido en un 100%, en los cinco lugares en donde se ha verificado su establecimiento; por lo que ya se está reproduciendo en forma natural. Los cultivos en laboratorio se realizan sobre café pergamino húmedo al 45% de humedad, utilizando una relación mínima de 1:10:1 (semilla: broca: parasitoide). La sobrevivencia de los adultos desde el lugar de reproducción hasta las fincas en donde se han liberado ha sido de un 100% para los departamentos de Cortés y Santa Bárbara, debido a la cercanía al Laboratorio y que la liberación se realiza inmediatamente después de la recolección; en el caso del departamento de Francisco Morazán, la liberación se realizó en semilla y aún no se tiene reporte. El parasitismo proporcionado por *P. coffea* en los lugares muestrados varía entre 5 a 25%. En investigaciones realizadas se determinó, que el mejor sustrato para la sobrevivencia de adultos fue la miel de abeja diluída en agua, con la que se tuvo una longevidad máxima de 5.1 días y en promedio de 3.9 días. El ciclo biológico de *P. coffea*, es de 38 a 42 días, bajo condiciones de 23°C de temperatura y  $66.3 \pm 7\%$  de HR, también se determinó que las hembras del parasitoide son capaces de reproducirse partenogénicamente y ésta es de tipo Deuterotoquia o Anfitoquia. La relación de sexos (hembra:macho) bajo condiciones de 22°C

de temperatura y 71% de humedad relativa fue de 1:0.9 respectivamente. Al evaluar parasitismo utilizando mangas entomológicas con una relación de 8:1 (brocas adultas:hembras de *P.coffea*), se encontró un 51% en finca ubicada a 800 msnm, 40% a 650 msnm y 34% a 1000 msnm. En campo abierto se encontró parasitismo entre un 5 a 25% .

**Palabras clave:** Broca del café, *Hypothenemus hampei* Ferr., Control biológico, Parasitoide, *Phymastichus coffea*.

## INTRODUCCION

El cultivo de café en Honduras, es uno de los bastiones fundamentales de la economía nacional y es el principal generador de empleo. Actualmente existen 94,814 fincas de café con un área sembrada de 260,457 hectáreas, las que pertenecen a 89,952 productores, con una producción estimada de 3,225,183.78 quintales oro. El 95.2% son pequeños productores con menos de 200 quintales, el 4.5% medianos, entre 200-1000 y el 0.3 grandes productores que su producción es mayor de 1000 quintales (IHCAFE, 1998).

En la caficultura existen diversos factores que limitan la producción, productividad, rendimiento y calidad del café; de las plagas la principal en Honduras la broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.), que desde su aparición en los cafetales hondureños en 1977, ha causado grandes pérdidas económicas a los productores y al país en general, ya que baja los rendimientos, produce caída del grano y daña directamente

la calidad y apariencia del grano a exportar. El productor en la mayoría de los casos ha enfrentado esta plaga mediante la utilización de productos químicos que le han ayudado a resolver su problema en forma inmediata, pero han causado grandes daños al medio ambiente, animales domésticos, al mismo productor y su familia, y ha contribuido a la proliferación de nuevas plagas o que algunas de ellas se vuelvan más agresivas.

Desde 1990-1993, con la introducción de los Bethyilidae, *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* respectivamente, algunos productores comienzan a utilizarlos en sus fincas en combinación con prácticas culturales y manuales, existiendo varias evidencias de un buen control de la plaga.

El Instituto Hondureño del Café (IHCAFE), pensando en la protección ambiental, la salud de los productores de café, su familia y las comunidades aledañas a las plantaciones, continúa realizando esfuerzos para proporcionarles alternativas confiables, eficientes y

sobre todo no dañinas a la salud; para ello en mayo y junio de 1999, se introdujo desde Colombia al endoparásito *P. coffea* La Salle. (Eulophidae), que parasita a adultos de broca, con lo cual se pretende complementar la acción de los ya existentes y reforzar las medidas de control biológico en el control de la broca.

A continuación se dan a conocer en forma resumida los avances durante el primer año.

### **OBJETIVO GENERAL**

Incorporar al endoparásito *P. coffea* La Salle dentro de las estrategias de manejo integrado de la broca ya existentes; reproduciéndolo y liberándolo en las diferentes zonas cafetaleras del país, para que se establezca y se reproduzca en forma natural.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Adopción y mejoramiento del sistema de crianza existente de *P. coffea* bajo condiciones de laboratorio
2. Estudiar la bioecología del parasitoide
3. Determinar el impacto de *P. coffea* sobre las poblaciones de broca
4. Reducir el daño del plaga en las zonas cafetaleras en donde se libere.

5. Entrenamiento de productores y técnicos en la metodología de cría del controlador biológico.

### **MATERIALES Y METODOS:**

#### **Metodología de cría, liberación y resultados obtenidos a partir de investigaciones realizadas en Honduras**

#### **Crianza y liberación de *Phymastichus coffea***

Este insecto es originario de Africa, en mayo se introdujo desde Colombia el primer pie de cría a Honduras con un total de 1,270 adultos. En junio de este mismo año se introdujo el segundo pie de cría, con un total de 2,335 adultos; a partir de los cuales hasta el 31 de mayo del 2000 se han efectuado 32 cultivos, los que han producido un total de 297,222 especímenes adultos de los que se han liberado 183,825 (61.85%) del total producido hasta la fecha; liberándolos en seis fincas de tres departamentos del país. (Figura 1). El máxima producción mensual es de 64,100 parasitoides ocurrido en el mes de marzo del 2000, el máximo número de parasitoides emergidos en un día fue de 20,200 registrado en el mes de enero del 2000; se han efectuado un total de 40 liberaciones controladas y una sin controlar. Para la crianza se les ofrece la relación de 1:10:1 (semillas: brocas: parasitoides) realizando los cultivos

en bandejas plásticas de 21 X 21 X 4 cm, el sustrato utilizado es café pergamino húmedo al 45%; realizando la recolección de la progenie a los 43 días después de realizada la parasitación. La recolección se efectúa sobre una mesa forrada con formica blanca, colocando las bandejas dentro de una cámara de acrílico transparente de 65 x 62 x 45 cm, donde se concentran los parasitoides y son capturados con pinceles finos, colocándolos en frascos plásticos de rollo de película fotográfica de 14 x 3 cm; los cuales se utilizan de inmediato como pie de cría en laboratorio o se liberan en las fincas.

#### **Establecimiento, sobrevivencia y parasitismo de *Phymastichus coffea*.**

En los sitios de liberación en total se han realizado cinco muestreos para determinar el establecimiento de este enemigo natural de broca y en el 100% de las fincas muestreadas se encontraron especímenes de *P. coffea*; lo cual indica su alto potencial de establecimiento. Para determinar parasitismo, se realizaron tres muestreos en campo abierto, encontrando entre 5 a 25%. En cuanto a sobrevivencia al momento de realizar la liberación esta ha sido del 100%, debido a que se han realizado de inmediato y en lugares cercanos al laboratorio de control biológico.

## **RESULTADOS**

Resultados obtenidos a partir de investigaciones, considerando la longevidad en días de los adultos de *P. coffea* cuando se probaron 14 sustratos de alimento, el mejor fue cuando se ofreció miel de abeja diluída en agua, sobreviviendo un máximo de 5.1 días, en promedio 3.9 días; continuándole sustrato azúcar + agua 3.3 días; otro sustrato aceptable fue el de dulce raspado y diluído con 3 días en promedio.

Todos los demás sustratos, agua, levadura de cerveza, melaza, caldo caña, broca adulta, huevos de broca, larvas de broca, pupas de broca, flores de 2 especies de malezas y sin alimento, presentaron una sobrevivencia baja desde 1.6 a 2.9 días (figura 2).

Se comprobó que es mejor la reproducción del parasitoide cuando la cantidad de broca proporcionada por bandeja es mucho mayor al de las hembras del parasitoide y cuando la semilla mantiene una humedad del 40 a 45%, desde la parasitación hasta la recolección. Cuando se estudió el ciclo biológico de *P. coffea* se encontró que es de 38 a 42 días bajo condiciones de 23 °C X 66.3 ± 7% de HR, el estado de huevo dura de 6 a 7 días, el estado larval de 15 a 19 días, el estado pupal de 16 a 18 días; el promedio máximo de huevos por broca parasitada fue de 3.4, larvas por broca parasitada 3.5, estado

pupal 2.2 y adultos de 1.4. El número máximo de huevos por broca parasitada fue de 9, el de larvas fue de 10, el de pupas fue de 4 y el de adultos fue de 3, obteniéndose un parasitismo promedio de 91.7%.

Cuando se evaluó la relación de sexos (hembras:machos) de *P. coffea* bajo condiciones de 22 °C de temperatura y 71% de humedad relativa en laboratorio fue de 1 a 0.9 (1:0.9), emergieron un total de 2,400 hembras y 2,230 machos, observándose diferencias así: en el primer día emergieron, 70 hembras y 65 machos; en el segundo días, 210 hembras y 180 machos; en el tercer día, 90 hembras y 80 machos; en el cuarto día, 330 hembras y 205 machos; del quinto al séptimo día los parasitoides machos y hembras salieron en la misma proporción.

Cuando se evaluó la emergencia de adultos del parásito, tanto machos y hembras en diferentes períodos en los 7 días que dura la emergencia, la cantidad de parasitoides fue aumentando a medida avanzan los días de número 1 al día número 6, disminuyendo el último día de emergencia.

Cuando se evaluó longevidad de machos y hembras de *P. coffea* a  $26.1 \pm 2$  °C y  $67.8 \pm 5$ % de HR, teniendo como alimento miel de abeja diluída en agua (1:2) un cc de miel y dos de agua y sin alimentación; la longevidad promedio de hembras fue de 2.4 días, sin alimento y 3.1 días

con alimento, de los machos fue de 2.1 sin alimento y 2.6 con alimento. La máxima longevidad de hembras adultas fue de 3.0 sin alimento y 3.2 con alimento y de los machos fue de 2.2 sin alimento y 2.9 con alimento.

Cuando se evaluó la presencia o ausencia de partenogénesis bajo condiciones de  $26.9 \pm 2$ °C de temperatura y  $72 \pm 4$ % de HR; se encontró un total de 5.7% de parasitismo, un máximo por frasco de 52.6% de fertilidad, el número de individuos por frasco fue de 17 parasitoides entre pupas y adultos, encontrándose un pupa y dos adultos por broca parasitada. En total se encontraron 3 pupas hembras, 20 hembras adultas y 13 machos, por lo que se concluye que *P. coffea* se reproduce partegenéticamente de tipo Deuterotoquia.

Cuando se evaluó el parasitismo de *P. coffea* en tres estratos altitudinales, con rangos de 650, 810 y 1000 msnm; el parásito presentó mayor parasitismo en el rango de 810 msnm, siendo éste de 51%, seguido de 650 con 40% y 1000 msnm con 34%

En noviembre de 1999 se realizó un muestreo de presencia de broca en La Aguita, Cortés, encontrándose una infestación de 3.5%. Con el propósito de establecer a *P. coffea*, se liberaron 2300 especímenes adultos con relación de tres hembras por dos machos, 95 días después se realizó el muestreo para verificar el

establecimiento obteniendo un 8% de parasitismo.

En octubre de 1999, realizando una gira de recolección de café brocado que se utiliza normalmente en la cría de *C. stephanoderis* y *P. nasuta* en una finca localizada en la zona del Lago de Yojoa, Cortés; a 4 metros lineales del lugar más cercano de liberación de *P. coffea* se encontraron adultos de este parásito, los que posteriormente se enviaron a Inglaterra y fueron verificados como *P. coffea* por el Doctor La Salle; demostrando con ésto el alto potencial de dispersión que tiene este parásito.

Realizando pepena y repela (recolección de de frutos dejados tanto en la planta como el suelo después de la

cosecha) en marzo del 2000, en la finca experimental del Centro de Investigación "Dr. Jesús Aguilar Paz", ubicado en La Fe, Ilama, Santa Bárbara, se escogieron 2000 frutos brocados los cuales fueron introducidos en cámaras de emergencia con el propósito de identificar cual de los tres controladores biológicos con que cuenta Honduras *C. stephanoderis*, *P. nasuta* y *P. coffea* se encuentra con mayor frecuencia en esta finca; obteniendo en cuatro lecturas: 471 especímenes adultos de *P. nasuta*, 197 de *P. coffea* y 72 de *C. stephanoderis*. Es importante resaltar que *P. coffea* está ocupando el segundo lugar considerando que se ha liberado en pequeñas cantidades y recientemente.

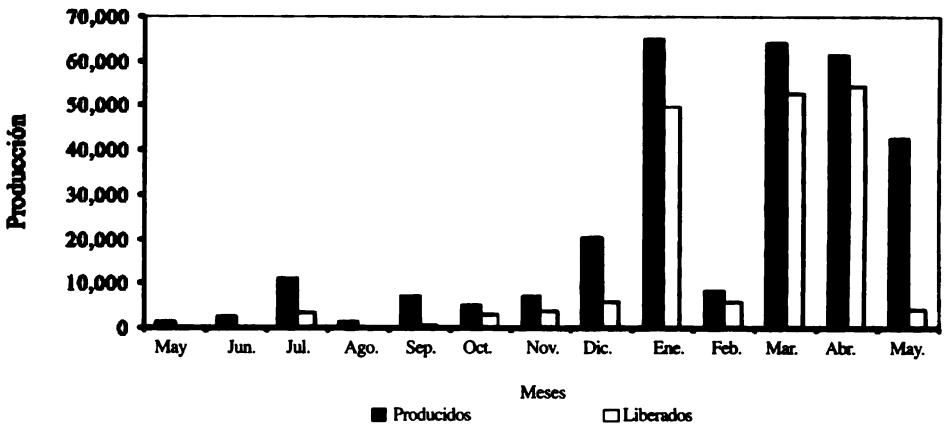


Figura 1. Producción de *Phymastichus coffea* desde su introducción al mes de Mayo del 2000.



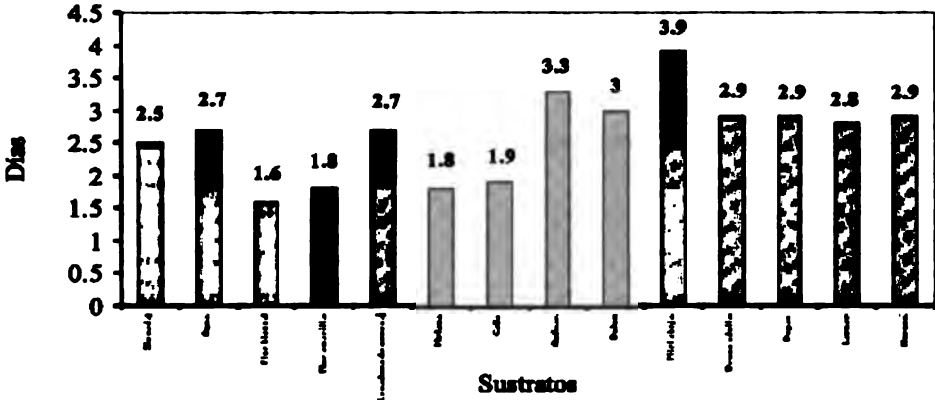


Figura 2. Longevidad de *Phymastichus coffea* en 14 sustratos de alimentación

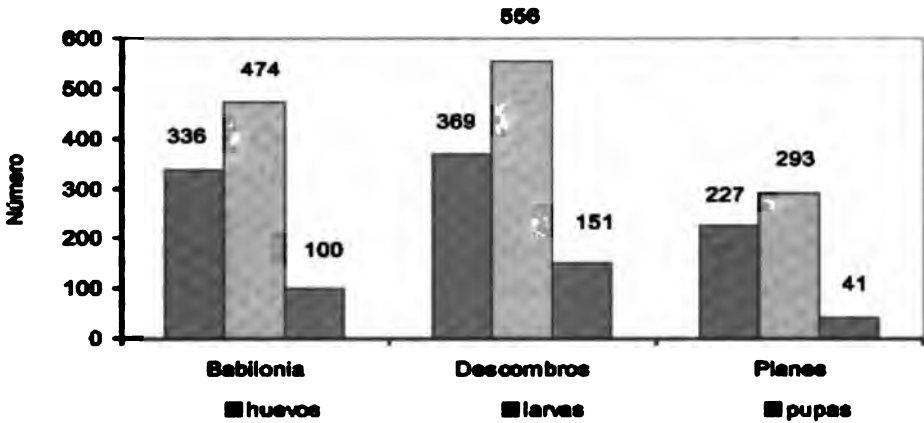


Figura 3. Cantidad de estadios de *Phymastichus coffea* encontrados en diferentes Pisos altitudinales.

### PROYECCIONES A CORTO Y MEDIANO PLAZO

1. Mejorar el actual sistema de crianza de *P. coffea* bajo condiciones de laboratorio que permita eficientar aún más la producción del parásito y disminuir los costos; que permita mayores liberaciones, aumentando las unidades de parasitoides por finca (masificar la producción).
2. Continuar con los estudios de bioecológicos de *P. coffea* para determinar la preferencia a diferentes condiciones tanto de altitud, humedad relativa, precipitación en el campo para su establecimiento y control de la plaga.
3. Evaluar cual es el impacto que tiene *P. coffea* sobre las poblaciones de broca existentes en las fincas donde se efectúa la liberación.

4. Lograr a través de liberaciones continuas el establecimiento de los parasitoides en todos los departamentos productores de café de Honduras.
5. Establecer una estrategia de capacitación por medio de la cual se logre entrenar a técnicos, productores y estudiantes en la técnica de cría de *P. coffea*.

### CONCLUSIONES

1. Un año después de haber introducido *P. coffea* a Honduras, se han cumplido los objetivos trazados hasta la fecha, ya que se tiene una metodología de cría que aunque debe mejorarse, nos ha proporcionado una buena cantidad de este controlador biológico para mantener el pie de cría, así como también liberar en fincas de productores.
2. De los lugares en donde se han verificado establecimientos, éste ha sido total, a tal grado que desde octubre del 1999, se está reforzando el pie de cría de laboratorio con parasitoides obtenidos del campo, habiéndose obtenido seis generaciones con este pie de cría.
3. Para la crianza de *P. coffea* en laboratorio es imperativo el mantenimiento de la humedad de la semilla; así como también la humedad relativa, temperatura y fotoperíodo del laboratorio de cría.
4. En la crianza de este parásito es imprescindible el mantenimiento del pie de cría de broca en laboratorio durante todo el año.
5. Es importante ofrecerle al parasitoide una buena cantidad de adultos de broca, debiendo ofrecer como mínimo la relación 1:10:1 (Semilla:broca: parasitoide).
6. El *P. coffea* ya se encuentra establecido en los departamentos de Cortés y Santa Bárbara ejerciendo su acción benéfica en la reducción de broca.
7. A través de investigaciones se pudo constatar que la broca del café *H. hampei* y *P. coffea* se pueden reproducir partenogénicamente, dando lugar a progeñie de ambos sexos.
8. Se pudo constatar que el mejor alimento para *P. coffea* es la miel de abeja diluída en agua; logrando sobrevivir un máximo de 5.1 días.
9. El ciclo biológico de *P. coffea* está entre 38 a 42 días bajo condiciones de 23 °C X 66.3 ± 7% de HR.
10. Hasta mayo del 2000 se ha producido en laboratorio 297,222 adultos de *P. coffea* y liberando 183,825 (61.8%).

## BIBLIOGRAFÍA

- INSTITUTO HONDUREÑO DEL CAFÉ, 1998. La caficultura hondureña y los daños ocasionados por el Huracán Mitch. Tegucigalpa, Honduras. 10 p.
- OROZCO, J. 2000. Reporte técnico del proyecto de manejo integrado de la broca del café. Chinchiná, Caldas, Colombia. 12 p.
- PAZ, H.; MUÑOZ, R. 2000. Ciclo biológico, longevidad y reproducción partenogenética de *Phymastichus coffea* (La Salle) endoparásito de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. La Fe, Ilama, Santa Bárbara, Honduras. s/p. 5 p.
- \_\_\_\_\_. 2000. Evaluación de catorce sustratos como alimento y determinación de la relación de sexos de *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*, controlador biológico de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferr. La Fe, Ilama, Santa Bárbara, Honduras. s/p. 12 p.
- SALINAS, D.; MUÑOZ, R.; TREJO, A. 2000. Parasitismo de *Phymastichus coffea* sobre la broca (*Hypothenemus hampei* Ferr.) en tres estratos altitudinales. La Fe, Ilama, Santa Bárbara, Honduras. Tesis s/p. 25 p.
- TREJO, A. 2000. Metodología de cría de *Phymastichus coffea*, enemigo natural de la broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* Ferr. En Honduras. La Fe, Ilama, Santa Bárbara, Honduras. s/p. 12 p.
- \_\_\_\_\_.; PADILLA, M. 2000. Experiencias en el control biológico de plagas del cafeto en Honduras, La Fe, Ilama, Santa Bárbara, Honduras. (Datos no publicados) 10 p.



## PROYECTO DE TRAMPAS, ATRAYENTES Y REPELENTES PARA EL CONTROL DE LA BROCA DEL FRUTO DE CAFETO, *Hypothenemus hampei*. L (Coleoptera: Scolytidae)

Dr. Olger  
Borbón Martínez<sup>1</sup>  
Ing. Orlando  
Mora Alfaro<sup>1</sup>  
Dr. Allan Cam  
Oehlschlager<sup>2</sup>  
Lic. Lilliana M.  
González<sup>2</sup>

### RESUMEN

**Diseño de trampa:** Las trampas blancas con cuatro embudos son más atractivas para el *H. hampei* que los otros colores. Los vasos pequeños de plástico blanco brillante u opaco con un ángulo de cono pequeño son tan efectivos como las trampas de embudo de cartón blanco con un ángulo de cono mayor. Las trampas de embudo múltiples son más efectivas que las trampas de pantalla con goma. Las trampas pueden utilizar agua o vaponas como un agente exterminador con la misma eficiencia.

**Difusor:** La siguiente literatura nos dice: 3:1 la mezcla de metanol:etanol fue probado para la atracción. La captura aumenta conforme el índice de liberación se incrementa de un 22-186 mg/día lo que es contrario a los informes brasileños. Estos indican que hay una disminución en la atracción conformen los índices de liberación aumentan de un 60-80mg/día de esta solución. El difusor que emite 3:1 metanol:etanol usado durante un mes pierde su actividad dado al cambio en la relación metanol:etanol. Para ello se elaboraron membranas para lograr una mayor eficiencia.

**Otros atrayentes:** Los experimentos preliminares en grano verde y en extractos de *H. hampei* no mostraron atracción que agregación.

**Repelentes:** Los volátiles de hojas verde en especial Z-3 hexenol repelen al *H. hampei*, 3-methylcyclohex-2-en-1 y la verbone tienen un efecto repelente mediano mientras que él a-pineno no muestra ningún tipo de atractivo o forma de repelente.

---

<sup>1</sup> Ingenieros Agrónomos Investigador ICAFE

<sup>2</sup> Licenciados en Química Química Internacional. S.A.

**Conclusión:** Las trampas más efectivas fueron las elaboradas con pequeños vasos de color blanco brillante con un señuelo fresco que emite 186mg/día de 3:1 metanol:etanol. Se recomienda que para un futuro trabajo en optimización sea completado que esta trampa se adopte en Costa Rica como una trampa de monitoreo.

**Palabras clave:** Broca, café, diseño de trampa, atrayentes, difusores, alcoholes, repelentes.

## INTRODUCCION

La broca del fruto del cafeto, *Hypothenemus hampei*, es el insecto más dañino del mundo en todas las plantaciones de café, exceptuando Costa Rica, Panamá y Hawaii. La broca hembra perfora el grano en cualquier etapa después de que éste alcanza un 20% de materia seca. Generalmente, las hembras se alimentan de varios frutos verdes inconsistentes antes de depositar los huevos en uno sólo. Los granos afectados aceptan solo a una hembra. Después de perforar el grano las hembras depositan entre 50 y 60 huevos que producen 10 hembras (voladoras) por cada macho (no volador). Las larvas y los adultos se comen el grano provocando una reducción en el peso del grano de un 5% a un 20% después de procesado (BORBÓN). Solamente las hembras se dispersan para buscar nuevos granos de que alimentarse y poner los huevos. Para una cosecha limpia se recomienda mantener poblaciones reducidas de la pla-

ga, pero alternándolo con poblaciones huéspedes que le permitan a las hembras de *H. hampei* alimentarse (no poner huevos) y mantener la población hasta que una subsecuente cosecha de granos sea aceptable.

El método usual de intervención en el manejo de poblaciones de *H. hampei* es mediante la aplicación de endosulfán del cual se ha reportado resistencia.

Una plantación de café típica produce entre 10 a 35 millones de granos por cosecha de las cuales del 5%-20%, generalmente, esta contaminado por la broca. Esto conlleva a estimar la existencia de unos varios millones de brocas hembras por hectárea por ciclo de cosecha (Borbón Martínez, 1989).

El *H. hampei* hembra es atraída por una mezcla de metano y etanol que emana de los granos de café (Gutiérrez - Martínez y Ondarza, 1996; Mendoza Mora, 1991). La mezcla más atractiva según los reportes son 3:1 mezcla de metanol:etanol (Mendoza Mora, 1991).

El índice de liberación de 60mg/día (Mendoza Mora, 1991) a 20.000mg/día (Mathieu et al., 1997) han sido evaluados. Las trampas de embudo múltiples del tamaño y diseño de Lindgren utilizadas en USA y Canadá para atrapar otros escolítidos (Borden et al., 1982) se reportan como más eficiente para el *H. hampei* que otros diseños (Mendoza Mora, 1991). Los investigadores franceses informan que la captura y la liberación del *H. hampei* son recapturados 1.6X más eficientemente con trampas de embudo múltiples de color rojo que las blancas (Mathieu et al., 1997).

Los escolítidos de las zonas templadas de mayor importancia económica son las de angiospermas (pino y abeto). Estos escolítidos usan, de forma invariable, agregados de feromonas y olores huéspedes en la colonización y selección huésped. La necesidad del *H. hampei* de producir y responder a la producción de feromonas adultas se da por la baja maduración de los machos y hembras dentro de los granos de café, a la inhabilidad de los machos de volar y a la contaminación de los granos por hembras solas.

Los repelentes para los escolítidos de zona templada consisten de un antiagregado de feromonas y volátiles de plantas no huéspedes tales como la volátil de hoja verde.

Verbona una feromona antiagregada por lo menos dos especies de *Dendroctonus* escarabajo de corteza, reduce la captura de las especies en el ataque de trampas en los árboles (*Dendroctonus ponderosae*) con sus agregados de feromonas como señuelo (Amman et al., 1989). Asimismo, el ataque del escarabajo de abeto douglas (una especie *Dendroctonus*) en un árbol caído puede reducirse debido al mecanismo que emane 3-methylcyclohex-2-en -1 (MCH) una feromona antiagregada para este insecto. El hexanol de hoja verde y el hexenol aldehído, alcohol y acetatos producidos por el daño en plantas de hojas verdes y normalmente por muchas plantas anuales que no son huéspedes para los escarabajos de corteza de pino. Dickens, Billings y Payne (1992, 1993, 1995) demostraron que estos componentes también disminuyen los índices de captura de los escarabajos de corteza de pino *Dendroctonus frontalis*, *Ips grandicollis* y *Ips avulsus* a trampas con señuelos de sus feromonas agregadas y volátiles huéspedes. Estos resultados se han extendido a otra plaga de escolítidos de pino *Dendroctonus ponderosae* (Borden et al., 1996) y *Trypodendron lineatum* (Wilson et al., 1997). Los volátiles de hoja verde aumentan su atracción en escarabajo de corteza de abeto europeo más peque-

ño, *Scolytus multistriatus* a su feromona agregada (Dickens et al., 1990). Este escolítido ataca al árbol que probablemente produce en hojas verdes volátiles.

La objetivo de este estudio fue desarrollar una trampa efectiva para el *H. hampei* y usar la trampa para examinar la actividad biológica de los volátiles de hoja verde y los repelentes relacionados con otros escolítidos.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación de la investigación:

La ubicación del estudio fue un terreno de 5 hectáreas de sembrado de café (catuaí) de alta tecnología en calles de 1,9 metros de distancia con 0,9 metros entre las plantas en la Finca Santa Rosa San Marcos, Nicaragua. El terreno (Lat N 11 54' 38" Long E 86 13' 8" GPS) rodeado por todos lados de 6 metros de carretera y plantaciones de café similares.

### Inspección de la plaga:

Un rastreo del daño fue llevado a cabo el 15 de mayo de 1999 al examinar 100 granos tomados al azar de 10 plantas del terreno. El nivel de infección de estos granos fue del 28%.

### Diseño de trampas:

El difusor de todas las trampas de embudo fueron colgadas del segun-

do embudo y el agua fue colocada en la taza receptora como un agente exterminador.

Los conductos de las trampas de embudo múltiples (A) fueron elaborados de carpeta plástica o de cartulina de color cortada y sujeta con grapas 3 bandas de material de hilo. Las tapas eran de baldes de 19 litros. Los insectos eran retenidos al fondo en vasos plásticos sostenidos en el embudo más bajo con clips y ligas.

Los conductos de las trampas de embudo múltiples (B) eran vasos desechables de polipropileno blanco de donde el fondo fue retirado. Los embudos se sujetaron de una cuerda y se mantuvieron en su lugar con grapas. Los insectos fueron retenidos en un vaso desechable del mismo tamaño además se sujetaron de una cuerda con grapas. Las tapas eran platos de polipropileno desechables.

Los conductos de las trampas de embudo múltiples (C) eran vasos blancos de polietileno no desechables de donde el fondo fue retirado. Los embudos se mantuvieron en su lugar con cuerda de nylon a través de 2 ó 3 agujeros (3mm dia) cerca de la parte de arriba de cada embudo. Los insectos se retuvieron en vasos del mismo tamaño y sujetos con un hilo de nylon. Las tapas eran platos plásticos.

La trampa D fue un recipiente plástico blanco de un litro con venta-



nas de 10cm x 10cm en cada lado. El guarón (alcohol) fue colocado en el fondo de cada trampa.

Las pantallas de las trampas E y F eran de polietileno blanco con una malla de 0.34cm x 0.34cm en todas las dimensiones dadas en la figura 1. Estas trampas se cubrieron con goma de forma inmediata antes de su uso. Los difusores fueron colgados en el centro de la pantalla.

#### **Difusores Metanol:Etanol**

El difusor X era un gotero plástico de 40 ml con un orificio de 0.2mm. Bajo condiciones de laboratorio (25°-27°C máximo día 15°-17°C mínimo noche) este difusor emanaba 22mg/día cuando se le cargaba con 3:1 metanol:etanol.

El señuelo Y era una bolsa plástica permeable (membrana) que bajo condiciones de laboratorio (25°-27°C máximo día 15°-17°C mínimo de noche) emanaba 62mg/día cuando se le cargaba con 3:1 metanol:etanol.

#### **Los repelentes y los cebos:**

Los repelentes probados fueron evaporados por plásticas rectangulares permeables. Dichas membranas emanaban ciertas cantidades de químicos bajo condiciones de laboratorio (25°-27°C máximo día 15°-17°C mínimo de noche): (a excepción donde los químicos anotados fueron producidos por

ChemTica Internacional) Z-hex-2-en-1-ol (Investigación Bedoukain), E-hex-2-en-1-ol, Z-hex-3-en-1-ol (Investigación Bedoukain), E-hex-3-en-1-ol, Z-hex-2-en-1-al, E-hex-2-en-al, Z-hex-3-en-1-al, E-hex-3-en-1-al, verbona (Investigación Bedoukain), 3-metylcyclohex-2-en-1-uno (Investigación Bedoukain), a-pineno (aldrich Chemical) fue liberado de una bolsa de plástico permeable (boli).

#### **Diseño experimental:**

Las trampas se colgaron a una altura de 1,50cm en los arbustos de café por lo menos a 5 plantas del borde. Las repeticiones de cada experimento tenían tratamientos colocados al azar (diseño de bloque completo al azar) en una calle con al menos 9 plantas entre cada trampa. Las repeticiones fueron separadas por 9 calles de plantas. Los insectos se contaron y removieron diariamente entre las 9:00 AM y las 12:00 mediodía al mismo tiempo que las trampas fueron cambiadas a nuevos lugares (al azar) dentro de las repeticiones.

#### **Análisis de los datos:**

El índice de captura diaria para cada experimento fue registrado y analizado para identificar diferencias significativas día a día. Solo durante índices de captura diaria donde las diferencias no eran significativas no se presentaban, pero

se combinaron en el experimento. Los datos evaluados fueron analizados y si fuera necesario transformado para alcanzar la homogeneidad (Zar) 1984). Los datos fueron analizados usando Systat 5.2.1, un análisis factorial de rutina completo ANOVA. Las medias se presentan siempre sin transformación. Las medias superadas o seguidas por una letra diferente son diferentes significativamente por Bonferonni ttest,  $p < 0.95$ .

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los experimentos iniciales optimizaron el color y el diseño de la trampa. Los investigadores brasileños han demostrado de forma previa que las trampas tipo paleta son menos eficientes en la captura de *H. hampei* que las trampas de embudo múltiples (figura 1A) relacionadas con las que se usan en Estados Unidos para atrapar los escolítidos de corteza (Mendoza Mora, 1991).

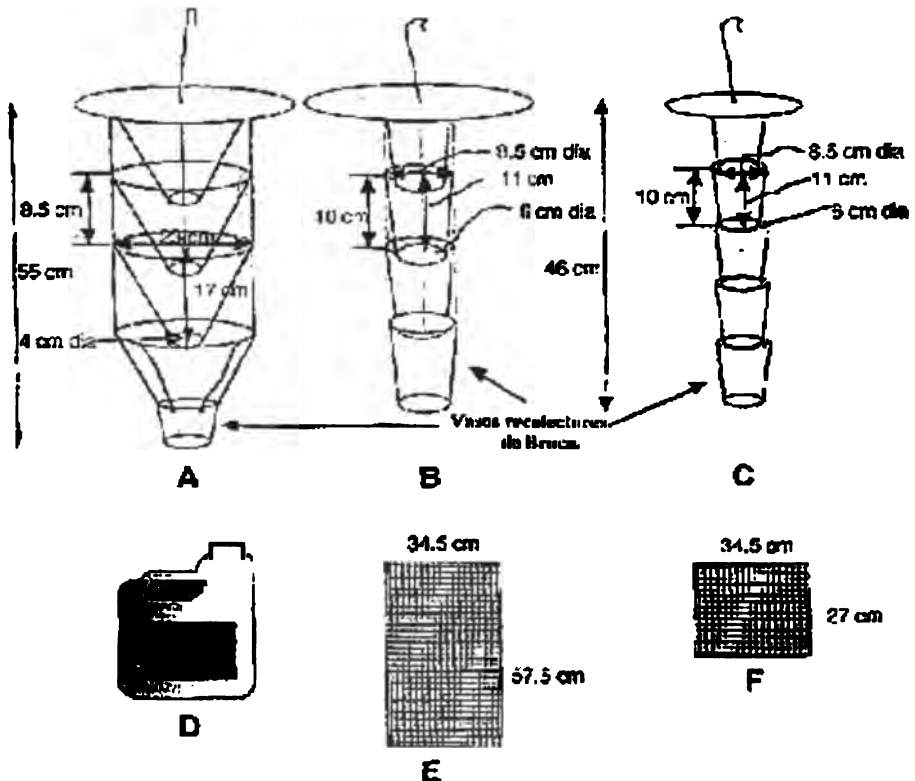


Figura 1. Trampas utilizadas en los ensayos de Broca.

La captura del *H. hampei* en trampas de embudo múltiples de seis distintos colores usando un difusor que libera 22mg/día cuando es car-

gado con 3:1 metanol:etanol revela que las trampas blancas son mejores que los otros colores probados (figura 2).

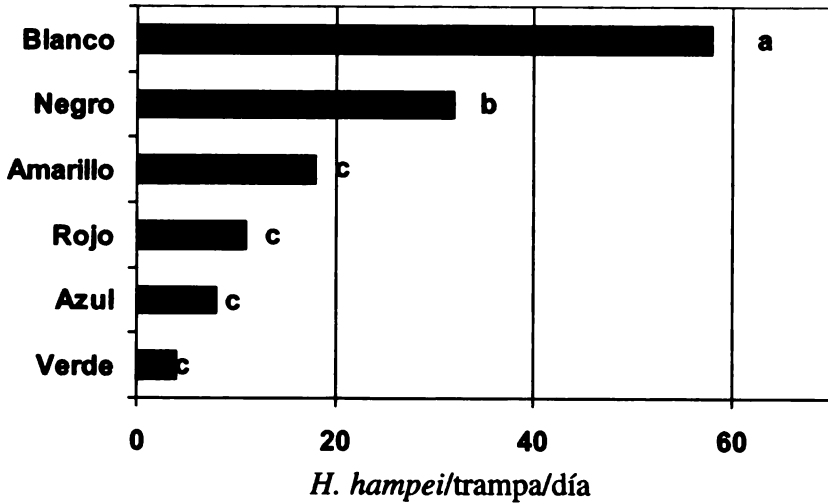


Figura 2. Captura de la Broca d acuerdo al color de la Trampa

La media (+SEM) del *H. hampei* capturada en trampas de embudo grandes (A) de colores distintos contienen 2 difusores (X) que emanan un total de 44mg/día de una mezcla de metanol:etanol de 3:1. El 11 y 12 de mayo de 1999 se realizaron 11 repeticiones cada día. El ANOVA al cuadrado (x+1) con los datos transformados (n=22) dio como resultado  $F = 27,67$   $df = 5,132$ ,  $p < 0,05$ .

En el único caso de evaluar la trampa de color los trabajadores franceses examinaron la captura y la liberación de *H. hampei* en condiciones de jaula (Mathieu et al., 1997). Bajo estas condiciones y utilizando liberaciones metanol:

etanol cargando mecanismos con 1:1 de mezcla de metanol:etanol liberando a 500, 1,500 ó 20,000mg/24hr las trampas rojas fueron más efectivas que las blancas. Estos hallazgos no fueron llevados a condiciones normales de campo. En el presente estudio las trampas blancas son > 7,5 X más eficientes que las trampas rojas en condiciones campo en operación. La observación que el *H. hampei* es capturado de forma más eficiente con las trampas blancas es algo esperado ya que estas especies son altamente fotopositivas.

El tamaño grande y el ángulo del cono de los embudos en la Trampa A es muy similar a la trampa de

embudo múltiple de black Lindgren la cual ha sido utilizada por más de dos décadas en Estados Unidos para capturar escolítidos. La sabiduría convencional dictamina que la eficiencia de las trampas de embudo múltiples se relaciona con el comportamiento de los insectos estudiados. Grandes áreas son necesarias para interceptar insectos acercándose y los grandes ángulos

del cono son beneficiosos porque conforme los insectos golpean la gran superficie del ángulo de los conos de la trampa esto ayudara a atraer cualquier insecto que «rebote» de golpe de la superficie. Un segundo experimento examinó la eficiencia relativa de la Trampa A y una trampa de embudo múltiple (B) con un tamaño de cono y ángulo distinto.

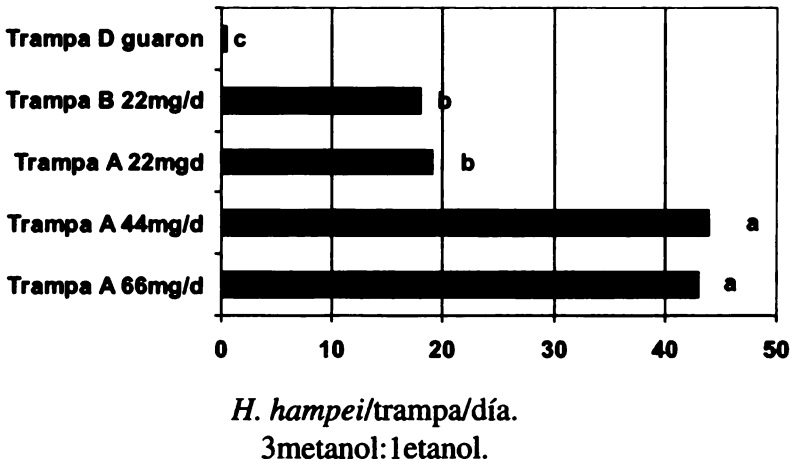


Figura 3. Captura de Broca de acuerdo a diferentes alcoholes y liberaciones.

La media (+SEM) del *H. hampei* hembra capturado en la trampa A o B tienen 1, 2 ó 3 difusores (X) cada uno emanando 22mg/día cuando son cargados con 3:1 metanol:etanol. Las pruebas se llevaron a cabo el 13 y 14 de mayo para retener los insectos. Un quinto tratamiento fue un recipiente plástico blanco de un litro con una ventana de ~10cmX10cm en cada lado permitiendo que el insecto entre y contiene una mezcla de

90ml de extracto de granos de café y etanol crudo destilado (guaro) en el fondo). ANOVA en log (x+ 0.5) datos transformados (n = 19-21) dio como resultado df = 4,95, F = 105,71, p<0.05. Diez repeticiones se llevaron a cabo el 13 de mayo y reubicados de nuevo y diez repeticiones se hicieron el 14 de mayo. La trampa de embudo múltiple B (vasos) con una superficie de captura y un ángulo de cono más pequeño resultó ser tan eficiente

como la trampa A. La eficiencia de las trampas de embudo múltiples con ángulos de cono grandes y pequeños muestran que después que el *H. hampei* golpea la superficie de la trampa estos caen en forma casi vertical. Además, en esta prueba se examinó la trampa local (D) en donde el guaro fue colocado en el fondo de un recipiente abierto de un litro, mostrando ser muy ineficiente comparándolo con las trampas de embudo múltiples y de vasos.

La captura de escoltídeos mediante el uso de trampas se hace con pantallas de malla siendo estas muy eficientes (Borden et al., 1982). Comparamos la eficiencia

de las pantallas de malla en las trampas de embudo múltiples, encontramos que el segundo era más eficiente (figura 4). En esta prueba de la trampa de pantalla D (pantalla grande) y E (pantalla pequeña) ambas fueron poco eficientes. Cuando se toman las trampas de embudo múltiples grandes (A) y pequeñas (B) con la misma eficiencia se observa un patrón, el cual establece que el tamaño no es un factor determinante en la trampa de eficiencia para la captura del *H. hampei*. Se supone que si el *H. hampei* en su acercamiento falla en caer a la trampa en su primer intento este vuelve a volar hasta que es capturado.

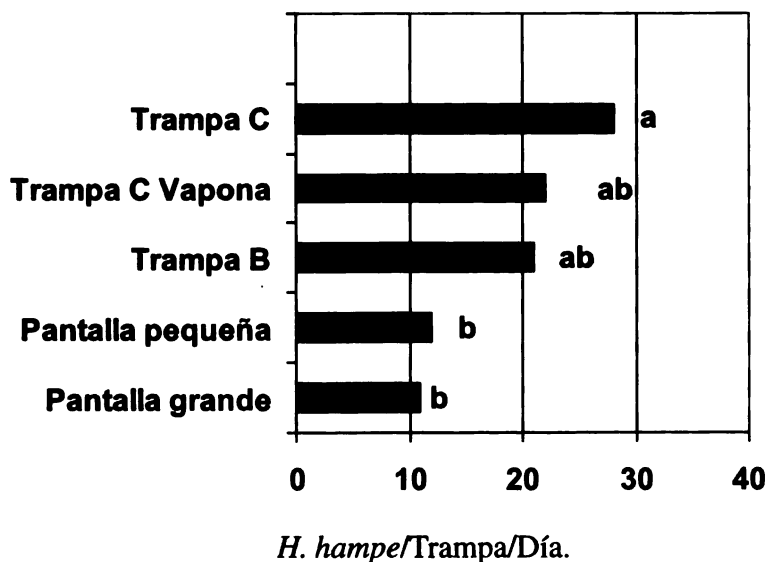


Figura 4. Captura de Brocas de acuerdo al tipo de trampa utilizada.

La media (+SEM) del *H. hampei* hembra capturado en las trampas blancas B y C o en las de pantalla E y F, cada una contiene un difusor (Y) que emana 62mg/día cuando se le carga con 3:1 metanol:etanol. ANOVA en log (X+1) transformó los datos (n = 18) dando df = 4,40 F =7,26, p<0,05. Las medias presentadas sin transformar (+SEM) seguidas de una letra diferente por Bonferonni, la prueba t (P<0.05). Nueve repeticiones se llevaron a cabo el 17 de junio luego las trampas fueron reubicadas al azar y se realizaron otras nueve repeticiones el 18 de junio.

En la figura 4 del experimento prueba una ligera modificación a la versión de la trampa B. La modificación se da al poner en la trampa C vasos más pequeños y al agregar un embudo más. Las trampas B y C fueron igualmente eficientes. En este experimento se examinó la sustitución de Vapona por agua en el vaso receptor de la trampa C. Los cubo de Vapona tiene una duración en el campo de varios meses y si no es un repelente puede usarse para un monitoreo en el largo plazo. En este experimento no se observó repulsión cuando se usó el Vapona como un agente exterminador en lugar del agua en la trampa C.

Los índices de liberación de los mecanismos cargados con la mezcla metanol:etanol ha sido investigado por grupos de trabajo franceses y brasileños. En la investigación brasileña conforme los índices de liberación de los mecanismos cargados con 3:1 de metanol: etanol fueron aumentados de 60 a 180mg/d las capturas de *H. hampei* en trampas de paleta fueron menores (Mendoza Mora, 1991). Asimismo, el grupo de franceses encontraron que el aumento en el índice de liberación de los mecanismos cargados con 1:1 de mezclas de metanol: etanol desde 500 a 20,000mg/d condujeron a índices de captura menores en trampas de embudo múltiple (Mathieu et al., 1997). Se examinó el efecto del índice de liberación de los mecanismos cargados con 3:1 metanol: etanol en la captura de *H. hampei* con trampas de embudo múltiples. Cuando el índice de liberación fue aumentado de 22 a 66mg/d la captura en trampas de embudo grandes (A) aumentó (figura 3). Conforme el índice de liberación fue variando de 62 a 186 mg/d en trampas de embudo pequeñas (C) este aumentó pero no de forma significativa (figura 5). Este hecho entra en conflicto con el trabajo realizado por los brasileños y justifica una futura investigación.

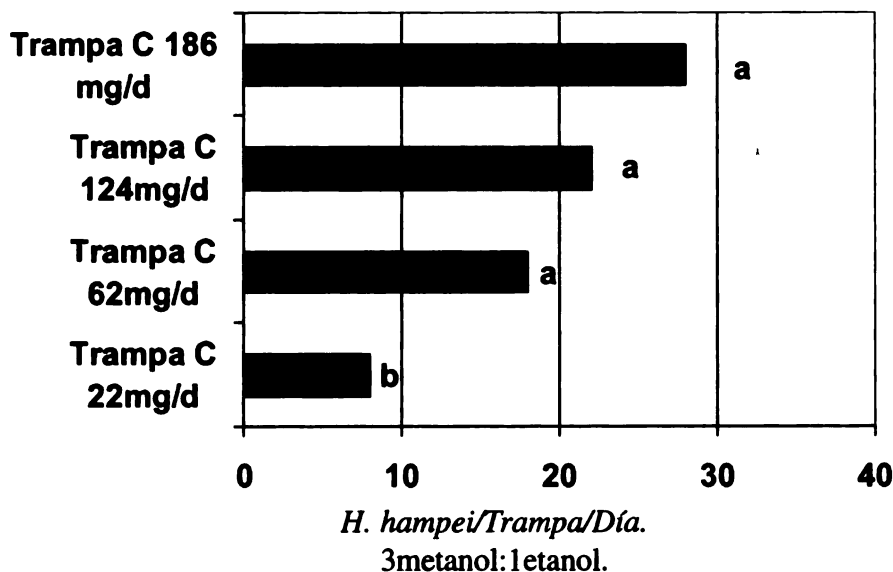


Figura 5. Dosis de liberación de metanol:etanol en la captura de Broca.

La media (+SEM) del *H. hampei* hembra capturado en trampas blancas C con señuelo fresco X, 1, 2 ó 3. La prueba se hizo el 20 de junio de 1999. ANOVA (n=1) en log (X+1) los datos transformados dan  $F = 7.44$ ,  $df = 3.25$ ,  $p < 0.05$ .

Cuando los difusores se han usado por un tiempo significativo estas pierden su actividad. Se examinó la trampa B con 3 difusores usados de forma previa durante un mes en el campo vs la membrana de señuelo recién preparada. De los tres difusores cada una liberó 22mg/día para un total de liberación de 66mg/día de metanol:etanol mientras que la bolsa liberó 62mg/día de metanol:etanol. Los índices de captura de los difusores de alcoholes frescos es menor que la de la bolsa.

Varias investigaciones han conducido a localizar atrayentes producidos huéspedes que pueden incrementar la atracción de las mezclas de metanol: etanol al *H. hampei*. Ticheler (1961) demostró que los granos de café seco eran más atractivos que los granos de café rojos para el *H. hampei* en prueba de selección. Los investigadores franceses reportaron que el *H. hampei* prefiere los granos de café rojo en lugar de los verdes (Giordanengo et al., 1993). Los investigadores brasileños (Mendoza Mora, 1991) reportan que el *H. hampei* prefiere el olor que despiden los granos de café rojo en lugar de los verdes. Los extractos de los granos de café verde con solvente orgánicos opuestos tales como la acetona, el

acetato etílico y el etanol brindan mezclas atractivas (Giordanengo et al., 1993). Los extractos de los granos de café rojo y verde y las partes del grano con solventes orgánicos polares todos brindan de manera igual extractos atractivos en manos de los investigadores mejicanos (Gutiérrez, Martínez y Ondarza, 1996).

Se examinó la captura del *H. hampei* en trampas sin señuelo dentro de trampas con señuelos de

granos de café verde, granos de café rojo o el extracto *H. hampei* en 3:1 metanol:etanol o el 3:1 metanol:etanol solo (figura 6). Las trampas sin señuelo y las trampas con granos de café verde no fueron atractivas para el *H. hampei*. Las trampas con extracto de grano o el extracto de *H. hampei* no fueron más atractivas que la trampas con el señuelo de 3:1 metanol:etanol con el mismo índice de liberación de metanol:etanol

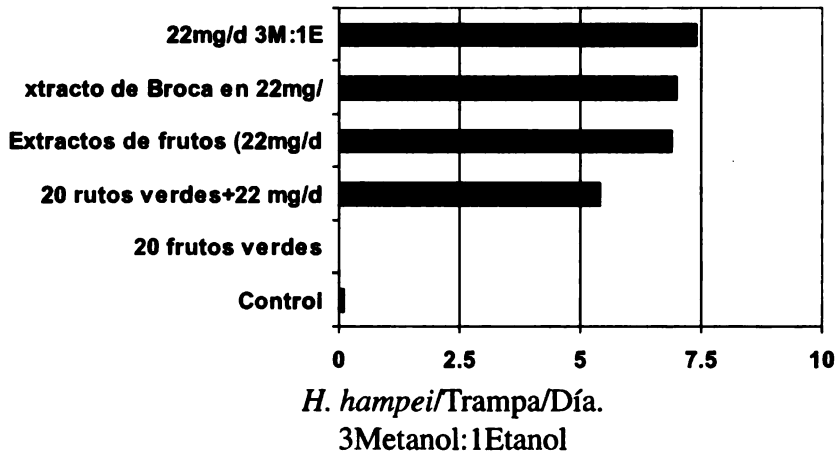


Figura 6. Captura de la Broca con el metanol:etanol en comparación a otros extractos.

La media (+SEM) del *H. hampei* hembra capturado en trampas blancas sin señuelo B, con el señuelo de 20 granos de café verde, metanol:etanol extracto del los granos de café verde o el *H. hampei* o el mecanismo emanado de 22mg/d (X) cuando eran cargados con metanol:etanol. La prueba fue realizada el 20 de junio de 1999. (n= 10) No se llevó a cabo un análisis

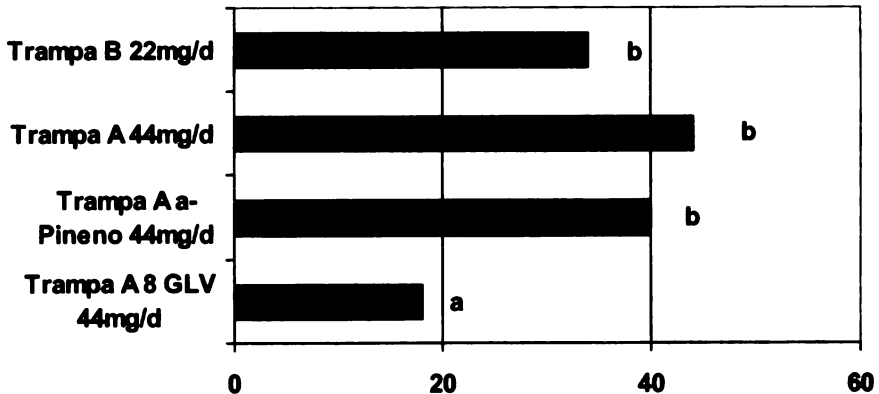
estadístico por ser las diferencias muy palpables.

En el presente estudio se hicieron grupos de granos de café verde y seco con broca para enviarlos al Dr. S Teale en la Universidad Estatal de Nueva York, Syracuse para que se le realizaran experimentos de detección antenograma. La ventilación de granos de café verde con y sin broca se agruparon (~2kg



cada uno para 24hr en Porapak Q). Los volátiles agrupados se mandaron al Dr. Teale para una detección antenograma. El fundamento para estos experimentos es que pueden existir otro tipo de atrayentes emanados de los granos de café verde que pudieran ser atractivos para el *H. hampei* y la mejor forma de localizarlos es a través de su actividad antenal en un análisis de cromatografía de gas: experimento de detección de antenograma. El *H. hampei* hembra sale temprano al encuentro del ciclo de cosecha de los granos que están verdes, pero que todavía no tiene el valor nutricional para mantener la cría. Es sabido que las hembras prueban los granos verdes y seleccionan aquellos aptos para poner los huevos y que son convenientes para el desarrollo de la cría. No se conoce si los granos probados eventualmente son convenientes para el posterior acercamiento de las hembras en el proceso de maduración pero en cuanto el grano es seleccionado para poner los huevos no se produce una colonización futura de otras hembras. Mientras que se supone que la puesta de huevos de las hembras produce algún freno para restringir a otras hembras a entrar al grano colonizado. Además, existe la posibilidad que los componentes producidos en la reacción de fer-

mentación del subproducto en el orificio del grano colonizado sea repelente. La penetración y entrada para la puesta de huevos involucra la penetración de la pulpa del grano que se esperaría produjeran y liberaran lípidos oxidables tales como los volátiles de hoja verde. Sin embargo, no se sabe si los volátiles de hoja verde son ahora producidos en este proceso pero es posible determinar si son repelentes al *H. hampei*. Se parte que estos componentes son producidos por la planta huésped uno no esperaría a priori que estos volátiles de hoja verde sean repelentes a este insecto. Un experimento inicial compara al *H. hampei* capturado con trampas de embudo múltiples con difusores de liberación de 3:1 metanol:etanol con trampas con difusores similares localizados en las mismas plantas con una combinación de ocho volátiles de hoja verde [(E)-hex-3-en-1-ol, (Z)-hex-3-en-1-ol, (E)-hex-2-en-1-ol, (Z)-hex-2-en-1-ol, (E)-hex-3-en-1-al, (Z)-hex-3-en-1-al, (E)-hex-2-en-1-al, (Z)-hex-2-en-1-al] o a-pineno (figura 7). En este experimento no se observó repelente con a-pineno el cual podría considerarse un volátil no huésped pero se observó un grado de repelencia significativo cuando se libero el olor del volátil de hoja verde cerca de la trampa.



*H. hampei*/Trampa/Día.  
3Metanol:1Etanol

Figura 7. Captura de Brocas con 8 repelentes

La media (+SEM) *H. hampei* hembra capturado en una trampa blanca A que contiene 2 difusores (X) emanando 22 mg/día con 3:1 metanol:etanol. La prueba se realizó durante el 15 y 16 de mayo de 1999. Los volátiles de hoja verde o difusores de a-pineno se colgaron en 20cm del segundo embudo de las trampas en tratamientos designados. Los volátiles de hoja verde consisten de [(E)-hex-3-en-1-ol, (Z)-hex-3-en-1-ol, (E)-hex-2-en-1-ol, (Z)-hex-2-en-1-ol, (E)-hex-3-en-1-al, (Z)-hex-3-en-1-al, (E)-hex-2-en-1-al, (Z)-hex-2-en-1-al].

(E)-hex-3-en-1-ol liberado a los índices mencionados en la sección de métodos. Un tratamiento adicional incluyó una trampa con cebo B con un difusor (x) emanando 22

mg/día cuando es cargado con 3:1 metanol:etanol. ANOVA en log (X+1) datos transformados (n = 16-23) da un df = 3,73, F = 7,47, p<0.05.

En el segundo experimento los índices de captura del *H. hampei* en trampas de embudo múltiples contiene mecanismos de liberación cargados con 3:1 metanol:etanol cerca de los difusores colocados emanaban todas las ocho volátiles de hoja verde fueron comparados con las trampas en las que la mezcla repelente estaba hecha solamente de alcohol o de componentes aldehído de la mezcla de volátil de hoja verde ( figura 8). Las mezclas de alcohol y aldehídos poseen repelencia igual a la mezcla de alcoholes y aldehídos. Dado que los alcoholes en la mezcla total es menos irritan-

te y estable se considera que bajo condiciones de campo una identificación de los componentes activos en la mezcla de alcohol (figura 9). En el experimento comentado en la figura 8 los cebos repelente candidato fueron colocados dentro de las trampas y se observó una mayor actividad de repelencia. La repelencia observada en la figura 6 para todas las 8 volátiles de hoja verde que fueron liberados desde una posición de 10-20cm desde el borde del segundo embudo de las trampas fue más bajo en un 90% de repelencia observada para la misma mezcla cuando esta fue colocada dentro de la trampa (figura 9). Se puede observar que la actividad de repe-

lencia de Z-hex-3-en-1-ol y E-hex-2-en-1-ol presentado por separado es equivalente a la repelencia de la mezcla de las 8 volátiles de hoja verde probadas (figura 9). Estos dos alcoholes normalmente muestran la más alta actividad de repelencia de los volátiles de hoja verde de otros escolítidos. (Borden et al., 1996; Wilson et al., 1997).

3-Methycyclohex-2-en-1 (MCH) y verbona fueron probados para la repelencia (figura 9). Ambas especies de *Dendroctonus* feromonas antiagregadas mostraron alguna repelencia pero no se observó tan fuerte como en los volátiles de hoja verde.

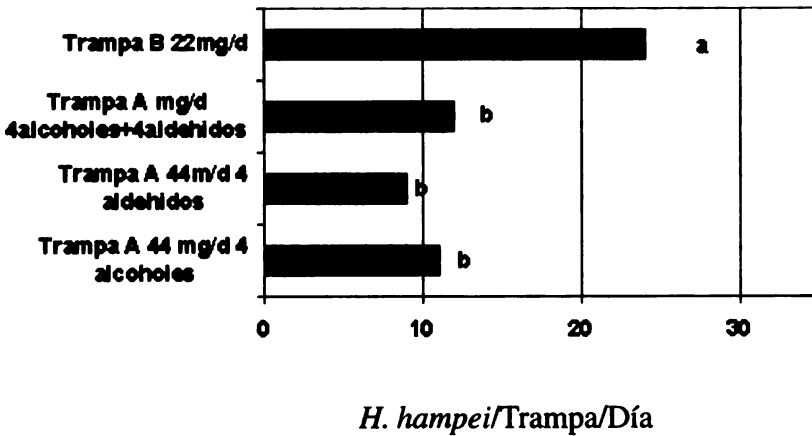


Figura 8. Repelencia de Brocas con aldehidos y alcoholes.

La media (+SEM) del *H. hampei* hembra capturado en trampas de embudo grande (A) con 2 difusores (X) emanando un total de 44mg/día de una mezcla de metanol:

etanol 3:1. Los difusores de volátil de hoja verde fueron colgados por fuera de las trampas pero en 20cm de las trampas a la misma altura que el segundo embudo. Los

volátiles de hoja verde consisten de los siguientes alcoholes: [(E)-hex-3-en-1-ol, (Z)-hex-3-en-1-ol, (E)-hex-2-en-1-ol, (Z)-hex-2-en-1-ol, (E)-hex-3-en-1-al, (Z)-hex-3-en-1-al, (E)-hex-2-en-1-al, (Z)-hex-2-en-1-al] liberados a los índices designados en la sección de métodos.

La prueba se realizó el 18 de mayo de 1999. Además, los índices de captura adicional fueron asignados a la trampa B con un difusor (X) liberando 22 mg/día cargados con 3:1 metanol:etanol. ANOVA en log (X+0.5) datos transformados (n = 8-10 dio un df=3,34, F = 5,69, p<0.05.)

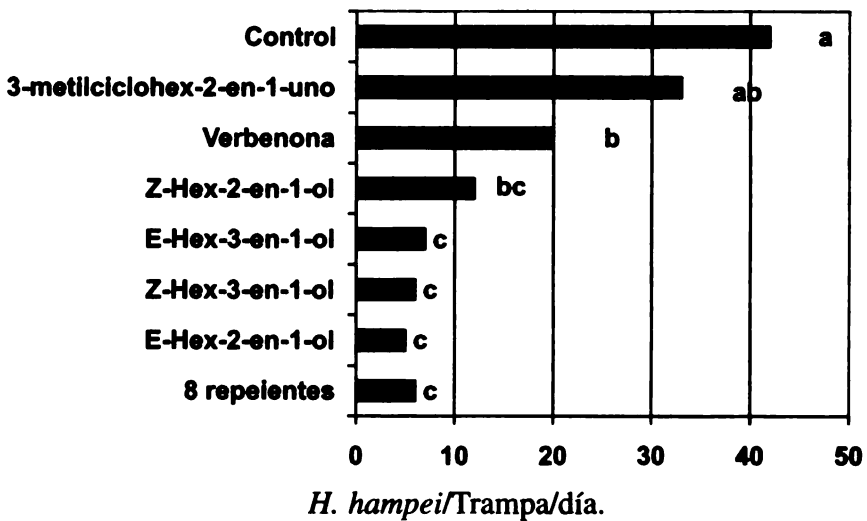


Figura 9. Repelencia de Brocas con diferentes sustancias.

La media (+SEM) del *H. hampei* hembra capturado en la trampa C con un difusor (Y) emanando 62mg/día cuando se carga con 3:1 metanol:etanol. La prueba se realizó el 17 y 18 de junio de 1999. Los difusores de volátiles de hoja verde o a-pineno (100mg/día) fueron colgados dentro de las trampas en tratamientos designados. Los volátiles de hoja verde eran de: (E)-hex-3-en-1-ol, (Z)-hex-3-en-1-ol, (E)-hex-2-en-1-ol, (Z)-hex-2-

en-1-ol, (E)-hex-3-en-1-al, (Z)-hex-3-en-1-al, (E)-hex-2-en-1-al, (Z)-hex-2-en-1-al (E)-hex-3-en-1-ol, verbona y 3-methylcyclohex-2-en-1 liberados a los índices dados en la sección de métodos. ANOVA al cuadrado (X+0.5) datos transformados (n = 20) dio un df = 7,150, F = 20.02, p<0.05.

También se estudio de manera rápida el patrón de vuelo diario del *H. hampei* y se encontró que el vuelo era más activo entre la

1:30PM y 3:30PM. A la hora de escribir este informe una prueba sobre el radio de efectividad de la trampa de embudo pequeño con membrana estaba en proceso

### CONCLUSIONES

La trampa de embudos tipo vaso dio un excelente resultado en la captura de Brocas.

La trampa de color blanco fue la mejor.

Entre más alcohol se liberaba mejor era la captura de Brocas.

La trampa de vasos fue superior a la de las pantallas.

Con sólo el uso de la mezcla de metanol 3: etanol 1 es suficiente para una excelente captura de Brocas.

Los repelentes dieron un buen resultado para que las Brocas no se acercaran a las trampas.

Entre los repelentes hay unos más eficientes que otros.

### BIBLIOGRAFIA

AMMAN, G.D., THIER, R. W., MCGREGOR, M. D. And SCHMITZ, R. F. 1989. Efficacy of Verbonone in reducing logeple pine infestations by mountain pine beetles in Idaho. Can. J. For. Res. 19:60-64.

BORBON-MARTÍNEZ, O. 1989. Bioecologie d'un ravageur des baies de cafeier, *Hypothenemus hampei* FERR. (Coleoptera; Scolytidae) et de ses parasitoides au Togo. These. Université Paul Sabatier. Toulouse. FRANCE. 1-184.

BORDEN, J.H., KING, C.J., LINDGREN, S., CHONG, L., GRAY, D.R., OEHLISCHLAGER, A. C., SLESSOR, K. N. AND PIERCE, Jr., H. D. Variation in reponse of *Trypodendron lineatum* from two continents to semiochemicals and trap form. Environ. Entomol, 11:403-408.

BORDEN, M. J. H., CHONG, L. J., SAVOIE, A. and WILSON, I. M. 1997. Responses to greenleaf volatiles in two biogeoclimatic zones by striped ambrosia beetle, *Trypodendron lineatum*. J. Chem. Ecol. 23:2479-2491.

DICKENS, J. C., JANG, E. B., LIGHT, D. M. and ALFORD, A. R. 1990. Enhancement of insect pheromone responses by leaf volatiles. Naturwissenschaften 77:2931.

DICKENS, J.C., BILLINGS, R. F. And PAYNE, T. L. 1992.

- Gree leaf volatiles interrupt aggregation pheremone response in bark beetles infesting southern pines. *Experientia* 48:523-524.
- DICKENS, J.C., BILLINGS, R. F. And PAYNE, T. L. 1993 Green leaf volatiles as inhibitors of aggregation pheremones. United States Patent N°. 5,273,996.
- DICKENS, J.C., BILLINGS, R. F. And PAYNE, T. L. 1995. Green leaf volatiles as inhibitors of aggregation pheremones. United States Patent N°. 5,468,770.
- GIORDANENGO, P. BRUN, L. O. And FREROT, B. 1993. Evidence for allelochemical attraction of berry borer, *Hypothenemus hampei*, by coffee berries. *J. Chem. Ecol.* 19:763-769.
- GUTIERREZ-MARTÍNEZ. A. and ONDARZA, R. .A. 1996. Kairomone effect of extracts from *Coffea canephora* over *Hypothenemus hampei*. *Environ. Entomol.* 25:96-100.
- MATHIEU, F., BRUN.L. O. MARCHILLAUD, C. And FREROT, B. 1997. Trapping of the cherry berry borer *Hypothenemus hampei* within a mesh-enclosed enviroment: Interaction of olfactory and visual stimuli. *J. Appl. Entomol.* 181-186.
- MENDOZA MORA, J. R. 1991 Reposta da Broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e semiquímicos, Univ. Vocosa, Brazil. Dec.
- TICHEKER, J. H. G. 1961. Etude analytique de l'epidemiologie du scolyte des graines de café, *Stephanoderes hampei* Ferr., Cote D'Ivoire. Meden. Landbouwhogeschool, Wageningen 61:1-49.
- WILSON, I. M., BORDEN, J. H., GRIES. R. And GRIES, G. 1996. Green leaf volatiles as antiaggretants for the mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hpkins (Coleoptera: Scolytidae), *J. Chem. Ecol.* 22:1861-1875.
- ZAR, J. H. 1984. Biostatistical Analysis. Printice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.

## LA UTILIZACIÓN DE FUENTES ALCALINAS PARA EL CONTROL DEL OJO DE GALLO (*Mycena citricolor*) EN MEZCLA CON CYPROCONAZOLE

Ing. Orlando Mora Alfaro<sup>1</sup>

### RESUMEN

La enfermedad conocida como ojo de gallo se considera como una de las enfermedades más importantes en la caficultura en Costa Rica, afectando en más del 10 % de la zona cafetalera, ubicándose en las áreas de café de altura o con condiciones de alta precipitación, alta humedad relativa, baja luminosidad y pocas horas luz, condiciones que favorecen las epifitias de esta enfermedad.

Trabajos realizados desde 1996 con el uso de fuentes alcalinas en las atomizaciones han mostrado resultados importantes en el control eficiente de la enfermedad, usando la mezcla con fungicidas triazoles, fuentes foliares de magnesio que den reacción alcalina o neutra en agua y el uso del adherente Pinolene.

A partir del mes de mayo de 1999 se desarrolló el presente trabajo de investigación, ubicado en el Cantón de San Ramón, en la Hacienda Río Barranca a una altura de 1600 msnm, se utilizó una siembra de material catimor T 5175 que presentara alta incidencia de la enfermedad, se evaluaron siete tratamientos de los cuales dos fueron testigos relativos sin alteración del caldo de aplicación y los otros cinco restantes se les alcalinizó el medio utilizando diversas fuente: tratamientos 2 y 6 se utilizó poliboro (tetraborato de sodio), el tratamiento 3 con carbonato de calcio (Calmycen), tratamiento 4 el hidróxido de calcio, y el tratamiento 5 con hidróxido de sodio. Todos los tratamientos que recibieron alguna fuente de alcalinidad se comportaron como los mejores, superando a los dos testigos relativos.

Los tratamientos 2 y 4 (Poliboro e hidróxido de calcio) fueron los más eficientes en el control de la enfermedad y en lo que respecta a hojas totales incrementaron su número.

**Palabras clave:** Ojo de gallo, *Mycena citricolor*, alcalinidad, control de enfermedades, café.

## INTRODUCCIÓN

EL ojo de gallo (*Mycena citricolor*) es una de las enfermedades más importantes en Costa Rica, llegando a afectar cerca del 10 % del área cafetalera nacional.

El uso de fungicidas sistémicos del grupo de los triazoles son los que han venido siendo recomendados a nivel del sector productor, teniendo una eficiencia aceptable de la enfermedad, sin embargo en niveles altos de la misma su eficiencia se ve reducida, principalmente cuando existe una alta precipitación y las prácticas de manejo de plantación no son adecuadas(2).

Trabajos con el uso de fuentes alcalinas han sido realizados en reiteradas ocasiones, en donde se describe que la eficiencia del uso del hidróxido de calcio queda supeditado a las condiciones climáticas imperantes y al nivel de la enfermedad. Sin embargo estudios realizados por Mora (1), demuestran la eficiencia de las fuentes alcalinas en mezcla con triazoles en el control del ojo de gallo, superando a los productos comerciales (fungicidas triazoles) sin alcalinizar.

El presente estudio tiene como objetivo evaluar la eficiencia relativa del uso de fuentes alcalinas en mezcla con triazoles y una fuente de magnesio de reacción neutra adicionando un adherente fuerte. Para tal fin se estableció el experimento en

la Hacienda Río Barranca ubicada en San Ramón de Alajuela, a una altura de 1600 msnm, con una precipitación superior a los 2600 mm anuales, concentrando su máximo nivel de lluvia en los meses de agosto, setiembre, octubre y noviembre. Se uso el material genético Catimor T 5175, altamente susceptible a la enfermedad, y se procuró dejar que el nivel de infección superara el 30 %, nivel considerado limitante para el control eficiente del ojo de gallo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizó un diseño irrestricto al azar, con diez repeticiones, se marcaron en cada repetición cuatro bandolas a las que se les hizo el registro de número de hojas totales y número de hojas con lesiones de ojo de gallo, la primera evaluación se efectuó antes de la primer aplicación de los tratamientos (mes de junio), y luego cada mes.

Los tratamientos del 1 al 6 recibieron cuatro atomizaciones en los meses de junio, agosto, setiembre y octubre. El tratamiento 7 ( Tratamiento usado por la Finca) llevo cinco atomizaciones junio, julio, agosto, setiembre y octubre.

La plantación utilizada es de Catimor T 5175 con tejido de cuatro años de edad, producto de una poda por lote, con una distancia de siembra de 2 metros entre calles y 1 metro entre plantas.



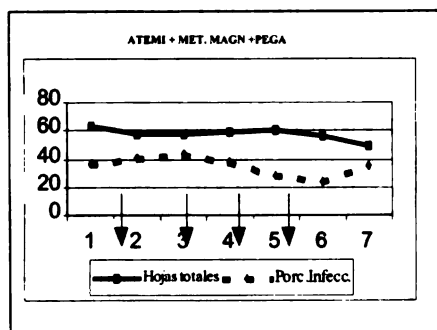
## TRATAMIENTOS

Tratamientos por ensayo CF01-EF-111-6-99	Dosis PC/ 200 L de agua
1 Cyproconazole +Metalosato Magnesio + Pega	250 ml + 500 ml
2 Cyproconazole + Metalosato Magnesio + Poliboro + Pega	250 ml + 500 ml + 500 gr
3. 1er aplic. Amistar + Met. Magnesio + Pega ⇒ Cyproconazole + Metalosato Magnesio+ Calmycen+ Pega	150 gr + 500 ml 250 ml + 500 ml + 2 L
4. Cyproconazole +Metalosato Magnesio + Hidróxido de calcio+ Pega	250 ml +500 ml+ 200 gr
5. Cyproconazole +Metalosato Magnesio + Na OH +Pega	250 ml + 500 ml + 0.15 gr
6. Cyproconazole+ Metalosato Magnesio + Poliboro + Pega	125 ml + 500 ml + 500 gr
7. Cyproconazole + Tiovit + Pega	350 ml + 750 gr

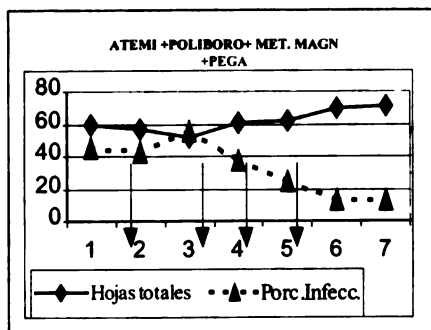
## RESULTADOS

### Tratamiento N° 1

El tratamiento inicia con un porcentaje alto de infección y durante el proceso se observa un comportamiento errático en el control de la enfermedad, terminando con porcentaje también alto de infección y una reducción en el número total de hojas.



En este caso se inicia con un porcentaje alto de infección y luego de de la segunda aplicación en agosto se observa un control importante de la enfermedad mostrando una curva decreciente en cuanto al porcentaje de infección, y un incremento de las hojas totales, mostrando una reducción de la tasa del inóculo secundario.



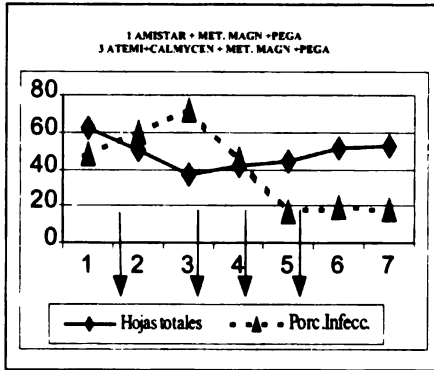
### Tratamiento N° 2

Este tratamiento lleva como fuente alcalinizante del medio el poliboro (tetraborato de sodio), para llevar el pH a valores 8 a 8,5.

### Tratamiento N° 3

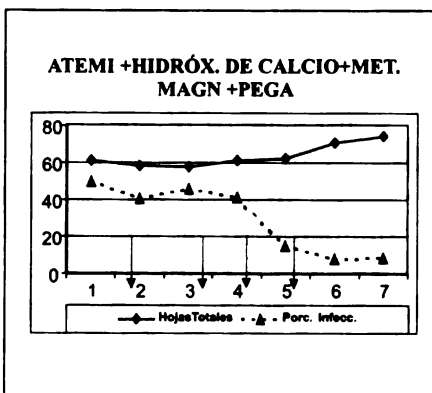
Se inicia con la aplicación de Amistar sin embargo se observa un débil control, lo que motiva a realizar la segunda aplicación con la

mezcla con Calmycen como fuente alcalina, recuperando el control de la enfermedad de esa aplicación y evitando la pérdida de hojas por defoliación.



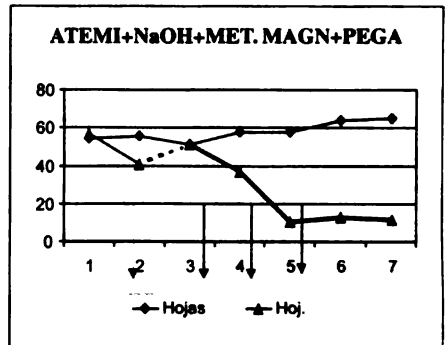
#### Tratamiento N° 4

La fuente alcalina en el medio es el hidróxido de calcio (cal apagada), en una dosis de 200 gramos por estañón, es importante detallar que el uso de una cantidad mayor podría llevar a minimizar la eficacia de los otros foliares. Este tratamiento también muestra un excelente control de la enfermedad reduciendo el porcentaje de infección y mejorando la retención foliar.



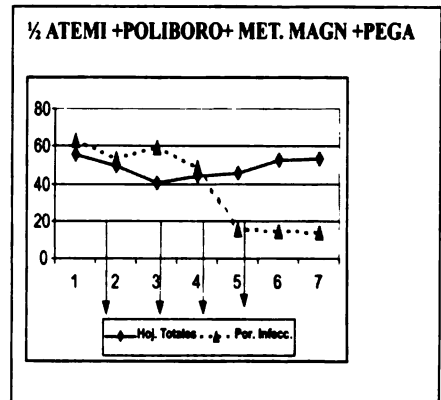
#### Tratamiento No. 5

Este tratamiento utiliza una base fuerte Hidróxido de sodio, es un testigo relativo que permite evaluar la participación de las fuentes alcalinas en el control de ojo de gallo, aspecto que se logra de manera muy buena trabajando a pH 8.



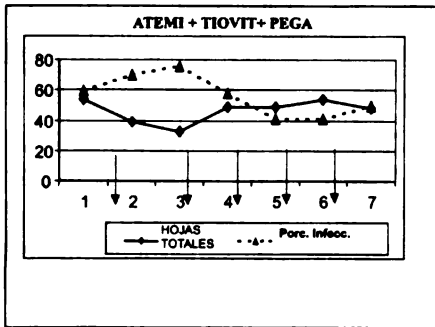
#### Tratamiento N° 6

En este caso se usa la mitad de dosis de Ate mi (125 cc/ estañón) en mezcla con poliboro, lográndose un buen control de la enfermedad hasta el mes de setiembre, no siendo posible lograr el mismo control posteriormente, sin embargo mejora el control comparativamente con respecto a los tratamientos 1 y 7



### Tratamiento N° 7

Este tratamiento es un testigo relativo que corresponde al tratamiento finca, inicia con un porcentaje alto de infección y luego de cinco atomizaciones se tiene un comportamiento de menos hojas totales y un porcentaje de infección muy parecido al inicial.



### COMENTARIOS Y RECOMENDACIONES

El análisis estadístico muestra diferencias significativas de los tratamientos alcalinizados con respecto a los testigos, tratamientos 1 y 7, evidenciando que el uso de fuentes alcalinas ayudan a mejorar la acción de la atomización aún iniciando con niveles altos de ojo de gallo, teniéndose un comportamiento de control del inóculo secundario, reduciendo la reinfección local aspecto importante en la enfermedad que la hace altamente agresiva basado en las diferentes generaciones que se presentan en el ciclo del cultivo (3).

De esta manera el uso de alguna de las alternativas de control estudiados conjuntamente con las demás prácticas de control recomendados como el uso de nas podas, deshijas, arreglo de sombra, fertilización adecuada, conjuntamente con las aplicaciones de las atomizaciones de manera correcta (sin correr) ayudarán a mejorar el control de la enfermedad.

Es importante definir lo siguiente: La aplicación debe ser bien dirigida, mejorando la cobertura y la penetración.

No debe haber presión por reducir el gasto de agua

Se debe hacer uso de pega

Si se usa poliboro no confundir esto con ácido bórico

Cuando se usa poliboro no se usa cal.

No poner otros foliares, únicamente los que se usaron en las mezclas, cualquier otro foliar puede alterar los resultados

La cal o el poliboro se deben de poner de primero en el estañón, haciendo la premezcla y revolviendo bien.

El Cyproconazole se pone seguidamente, haciendo la premezcla y revolviendo bien en el estañón.

Seguido y de igual forma la fuente de magnesio y por último el adherente que debe disolverse bien antes de ponerlo al estañón.

**Cuadro 1.** Análisis estadístico del Porcentaje de Infección, 1999

programas	Evaluación						
	Mayo	Junio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1)	35.90A	40.01 A	43.89 A	37.94 NS	28.73 C	23.73 B	35.08 B
2)	44.98 AB	42.53 AB	55.15 AB	37.31	24.02 BC	12.65 AB	13.11 A
3)	47.32 AB	59.25 BC	71.15 BC	45.29	17.16 AB	18.59 AB	18.37 A
4)	49.8 ABC	40.40 A	45.57 A	38.40	14.66 AB	8.10 A	8.32 A
5)	56.63 BC	40.62 A	51.28 A	37.13	10.69 A	12.71 AB	11.51 A
6)	63.45 C	53.27 ABC	59.57 ABC	48.26	14.96 AB	14.63 AB	13.42 A
7)	59.75 BC	68.69 C	75.58 C	53.44	40.50 D	41.09 C	49.79 C
cv. %	31.42	36.21	30.10	34.52	50.25	65.05	59.72
significancia	**	**	**	NS	**	**	**

### BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA. Informe Anual de Labores 1998. Heredia Costa Rica. Pags 237 y 243.

JIMÉNEZ, R. Y VARGAS, E. Estrategias de Combate de ojo de gallo con calcio y fungicida químico en el cafeto. IICA, Boletín N° 48. Julio- Setiembre 1990.

WANG, A Y ARAUZ, L.F. Aplicación de principios epidemiológicos para el combate de ojo de gallo en cafeto. XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 1999, San José. Costa Rica.

## DETERMINACION DE LA ENZIMA TREHALASA EN EL HONGO *Mycena citricolor*

Luis Vargas Cartagena<sup>1</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la presencia de la enzima trehalasa en el hongo *Mycena citricolor*, causante de la enfermedad conocida como Ojo de Gallo en el cultivo del café, se estableció un experimento bajo condiciones de laboratorio. El ensayo se ubicó en el Laboratorio del Depto de Protección de Cultivos del Ministerio de Agricultura y Ganadería durante el mes de marzo del 2000. Se valoró el crecimiento micelial en mm (variable cuantitativa) sobre un substrato artificial en platos petri sin acidificar, constituido por agar-trehalosa a diferentes concentraciones del carbohidrato (0.5%, 1%, 2% y 3%). Los períodos de evaluación fueron a los 4, 6, 8 y 10 días luego de la inoculación. Se utilizó el marcador líquido LUGOL, el cual determinó por cambio de color en el medio de cultivo, la presencia indirecta de la enzima trehalasa, debido a la hidrólisis de la trehalosa (variable cualitativa). Para la variable cuantitativa los resultados revelaron que el hongo *Mycena citricolor* mostró mayor crecimiento radial del micelio con las altas concentraciones del carbohidrato trehalosa (2% y 3%). El crecimiento del hongo fue lineal en todas las concentraciones, siendo la de 3% la que mostró el mejor ajuste ( $R^2 = 0.99$ ). Las diferencias estadísticas, según DMS al 1%, se marcaron entre las concentraciones menores (0.5% y 1%) vrs las mayores (2% y 3%); a partir de los 6 días posterior a la inoculación. En el caso de la variable cualitativa la aplicación del marcador LUGOL evidenció claramente la formación de halo de consumo de la trehalosa, producto de la actividad enzimática del hongo. Esta metodología mostró en dos aislamientos morfológicamente distintos de *Mycena citricolor* tres posibles efectos sobre el comportamiento del hongo: 1) presencia de la enzima trehalasa, 2) posible generación de resistencia a los

---

<sup>1</sup> Depto de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Apdo 10094. E-mail: [vargmora@racsa.co.cr](mailto:vargmora@racsa.co.cr)

triazoles y 3) posible variabilidad genética del hongo. La presencia de la enzima trehalasa puede estar desempeñando una función importante en el ciclo patológico del hongo. La misma es vital para la obtención de energía dentro de los procesos biológicos del patógeno.

**Palabras clave:** Ojo de gallo, café, *Mycena citricolor*, enzimas, trehalosa

## INTRODUCCION

El ojo de gallo causado por *Mycena citricolor* es en la actualidad una de las enfermedades que más afecta la producción de café en Costa Rica. Se estima que de las 110.000 hectáreas de café sembradas en Costa Rica entre 10 y 15% están afectadas por ojo de gallo (Chaves, 1996). Un cálculo conservador elaborado por el Depto de Protección de Cultivos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), estima que anualmente esta enfermedad deja pérdidas por 10 millones de dólares a la caficultura nacional. El mecanismo patogénico del hongo es por medio de la producción de ácido oxálico antes y después de la penetración, el cual captura el calcio estructural de los pectatos de las paredes celulares debilitándolas, lo que facilita la entrada de la hifa (Vargas, 1996). Como producto de la neutralización, se forman cristales de oxalato de calcio que se han observado asociado a las lesiones y se sugiere que aplicaciones en campo del hidróxido de calcio pueden neutralizar el

ácido oxálico producido por el patógeno (Rao y Tewari, 1988). Sin embargo pruebas de campo efectuadas en Costa Rica han mostrado que el hidróxido de calcio es fácilmente lavado por la lluvia cuando se aplica solo, y usando un adherente no es efectivo cuando la presión de inóculo es alta (Ramírez, 1994). Por otra parte, antes de ponerse en contacto con las células vivas de la planta hospedante, el patógeno debe atravesar la cutícula de la misma, proceso que se puede llevar a cabo de varias maneras. Uno de ellos es la penetración directa, en el cual se requiere de fuerza mecánica o enzimas, siendo la degradación enzimática de la cutícula lo más común (Arauz, 1998). El ácido oxálico provoca una disminución en el pH a nivel celular, lo cual activa enzimas como la oxidasa del ácido indolacético (AIA-oxidasa), celulasa y poligalacturonasa que digieren la pared celular del hospedero (Rao y Tewari, 1988). En el caso de *Mycena citricolor* no hay producción de pectina metil esterasa y están presentes niveles muy bajos de

poligalacturonasa y celulasa. El patógeno hidroliza la celulosa lentamente. (Tewari, 1990; Ramírez, 1994; Wang y Avelino, 1999).

La trehalosa (a-D-glucopiranosil a-D-glucopiranosida) es un disacárido compuesto de dos moléculas de glucosa. Es un azúcar presente en todos los reinos pero está ausente en la mayoría de las plantas superiores (Goddijn y Dun, 1999). Es el principal metabolito en la hemolinfa de insectos, así como de algunos crustáceos y nematodos. Se ha encontrado en muchas bacterias, actinomicetes, hongos, levaduras, musgos, helechos y algas. El helecho "Rosa de Jericó" (*Selaginella lepidophylla*) constituye la mayor fuente de trehalosa. (Dey y Harborne, 1997). La trehalosa posee un fuerte efecto estabilizante sobre las estructuras biológicas, es decir, provee de protección a las células para su viabilidad durante procesos de "stress", como la desecación, incrementos en la presión osmótica, altas y bajas temperaturas. Podría ser un estabilizador en alimentos y como aditivo en cosméticos y artículos farmacéuticos. Tradicionalmente se le ha considerado como una fuente o reserva de carbohidratos, la cual provee de energía a muchos organismos (Dey y Harborne, 1997; Goddijn y Dun, 1999). La hidrólisis de la trehalosa a glucosa en plantas, hongos, animales y bacterias es

catalizada a través de la enzima trehalasa. Trabajos efectuados en campo y laboratorio durante 1999 e inicios del 2000 por el personal del Depto de Protección de Cultivos del MAG, revelan que se obtienen excelentes resultados en el combate preventivo de esta enfermedad con el fungicida Validacin 5% L (validamicina A). Dicho producto proviene de la fermentación de *Streptomyces hygroscopicus* var. *limoneus* (TAKEDA CHEMICAL INDUSTRIES, s.f.) y actúa inhibiendo el crecimiento de los hongos mediante la neutralización de la enzima trehalasa (Ishikawa, Fujimori y Matsuura, 1996). La validamicina A es considerada como un potente inhibidor de la trehalasa (Goddijn *et al.*, 1997).

El objetivo del trabajo fue determinar la presencia de la enzima trehalasa en el hongo *Mycena citricolor*.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se ubicó en el Laboratorio del Departamento de Protección de Cultivos (MAG) situado en Sabana Oeste, San José durante el mes de marzo del 2000. Se valoró el crecimiento micelial en mm (variable cuantitativa) sobre un substrato artificial en platos petri

sin acidificar, constituido por agar-trehalosa a diferentes concentraciones del carbohidrato (0.5%, 1%, 2% y 3%). A cada concentración se le determinó el valor de pH con un peachímetro modelo 915 Fisher Scientific, antes de efectuar el chorro en los platos petri. Los períodos de evaluación fueron a los 4, 6, 8 y 10 días luego de la inoculación. El diseño empleado fue un irrestricto al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones. Los datos registrados se procesaron mediante análisis de varianza y separación de medias según DMS al 1%. Para el factor visual (variable cualitativa) se utilizó un marcador líquido conocido como LUGOL, el cual determina por cambio de color en el medio de cultivo la presencia indirecta de la enzima trehalasa, debido a la hidrólisis de la trehalosa. Dicho efecto es positivo cuando se forma un halo más claro alrededor del crecimiento micelial del hongo. Se utilizaron dos controles: *Mycena citricolor* en agar-agua sin trehalosa y agar-agua sin hongo ni trehalosa. En todos los casos el Lugol es añadido para determinar la presencia del halo indicador. La preparación del Lugol es la siguiente:

Yoduro de potasio .....2g  
Yodo resublimado ..... 1g  
Agua destilada ..... 100cc

## RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de pH obtenidos para cada una de las concentraciones de trehalosa evidencia que prácticamente no hay diferencias entre ellas (Cuadro 1), por lo tanto; el desarrollo micelial del hongo estuvo sometido a una condición de acidez en el medio de cultivo bastante similar para todas las concentraciones. La variable cuantitativa (crecimiento micelial del hongo en mm) revela diferencias desde el inicio de las evaluaciones (Cuadro 2). A los 4 días posterior a la inoculación (DPI), el crecimiento radial del hongo a 3% de trehalosa presenta diferencia estadística con las concentraciones al 0.5% y 1%. Posteriormente a los 6, 8 y 10 DPI las diferencias se hacen más evidentes entre las concentraciones de 0.5% y 1% con respecto a las concentraciones de 2% y 3%; es decir, el hongo mostró mayor crecimiento micelial a altas concentraciones de trehalosa. Lo anterior indica que el patógeno es capaz de degradar altas dosis del carbohidrato, el cual es indispensable en la obtención de energía. En este caso la enzima trehalasa cumple la función catalizadora de la trehalosa para convertirla en glucosa, fuente primaria de energía para el hongo. El mayor crecimiento micelial observado en las concentraciones más altas (2% y 3%) en contraste a



0.5% y 1%, indica que *Mycena citricolor* tiene la capacidad de aprovechar en forma más eficiente niveles mayores de este disacárido. El límite de asimilación no ha sido definido, pero es probable que

pueda degradar concentraciones superiores al 3%. En la Figura 1 se aprecia la relación tiempo y crecimiento micelial según la concentración de trehalosa.

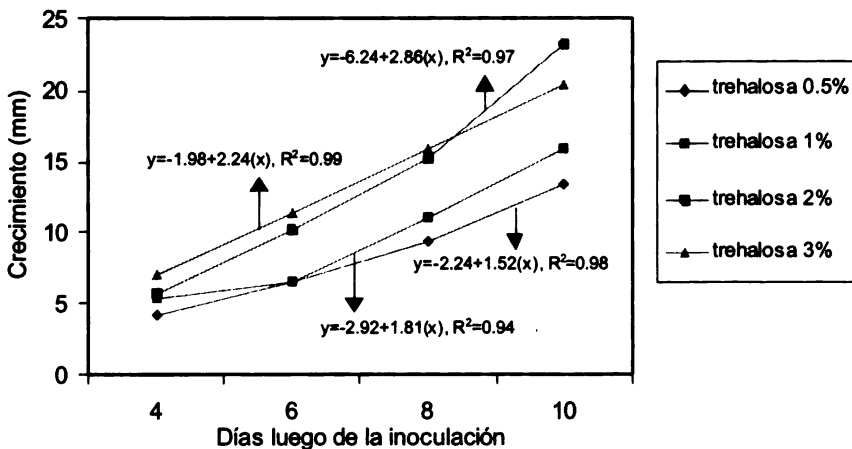
**Cuadro 1.** Valor obtenido de pH para cada una de las concentraciones de trehalosa. Laboratorio Protección de Cultivos. San José, 2000.

TRATAMIENTO	VALOR pH
Trehalosa 0.5%	6.10
Trehalosa 1%	6.14
Trehalosa 2%	6.26
Trehalosa 3%	6.27

**Cuadro 2.** Crecimiento micelial promedio (mm) de *Mycena citricolor*, según concentración del carbohidrato trehalosa. Laboratorio Protección de Cultivos. San José, 2000.

Concentración de trehalosa	DIAS POSTERIOR A LA INOCULACION (DPI)			
	4	6	8	10
0.5%	4.2 (b)	6.6 (b)	9.4 (b)	13.4 (b)
1%	5.4 (bc)	6.6 (b)	11.0 (b)	16.0 (b)
2%	5.8 (ab)	10.2 (a)	15.2 (a)	23.2 (a)
3%	7.0 (a)	11.4 (a)	16.0 (a)	20.4 (a)

Valores con la misma letra no difieren estadísticamente según DMS al 1%.



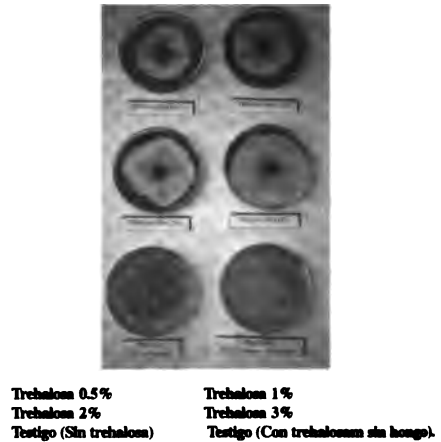
**Figura 1.** Crecimiento radial en mm de *Mycena citricolor*, según concentración de trehalosa. Laboratorio Protección de Cultivos, 2000.

La variable cualitativa evidenció claramente, luego de la aplicación del marcador Lugol, la presencia de un halo. El mismo fue un indicador de la existencia en el hongo de la enzima trehalasa, ya que en todas las concentraciones hubo formación de halo; por el contrario en los controles luego de la aplicación del Lugol no se manifestó la reacción. La presencia de esta enzima en el hongo podría estar desempeñando un papel importante en la patogénesis del mismo, la cual en combinación con el ácido oxálico, facilita el proceso de degradación de las células vegetales. En la Figura 6 se observa como se podría llevar a cabo este proceso en la naturaleza y por consiguiente en el cultivo de café. En las Figuras 1, 2

y 3 se muestra la reacción producto de la aplicación del marcador, en donde se vislumbra fuertemente la acción de la enzima trehalasa en el proceso de hidrólisis de la trehalosa. Más aún, la aplicación de esta metodología sobre dos aislamientos morfológicamente diferentes de *Mycena citricolor*, uno proveniente de la zona de Turrialba con aplicaciones no controladas de triazoles y otro de montaña (sin aplicación de fungicidas); revela tres aspectos importantes sobre la fisiología y biología de este hongo: 1) se evidencia nuevamente la presencia de la enzima trehalasa, 2) posible generación de resistencia a los triazoles y 3) posible variabilidad genética del hongo. Estas suposiciones se reflejan en las Figuras 4 y 5.



**Figura 2.** Consumo de trehalosa a diferentes concentraciones (0.5%, 1%, 2% y 3%), 4 días después de la inoculación



**Figura 3.** Consumo de trehalosa a diferentes concentraciones (0.5%, 1%, 2% y 3%), 10 días después de la inoculación.

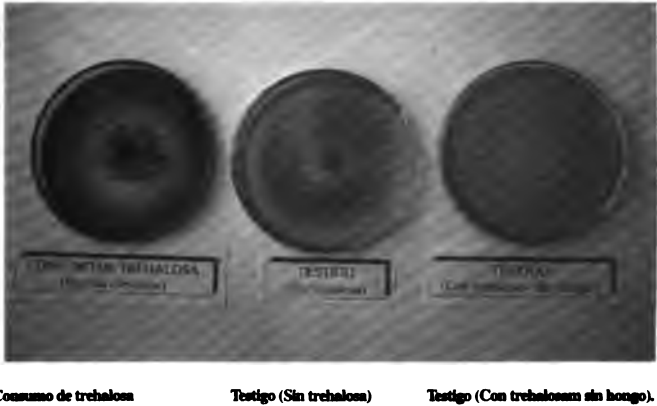


Figura 4. Consumo de trehalosa, obsérvese a la izquierda el halo de consumo del carbohidrato por parte de *Mycena citricolor*, debido a la presencia de la enzima trehalasa.

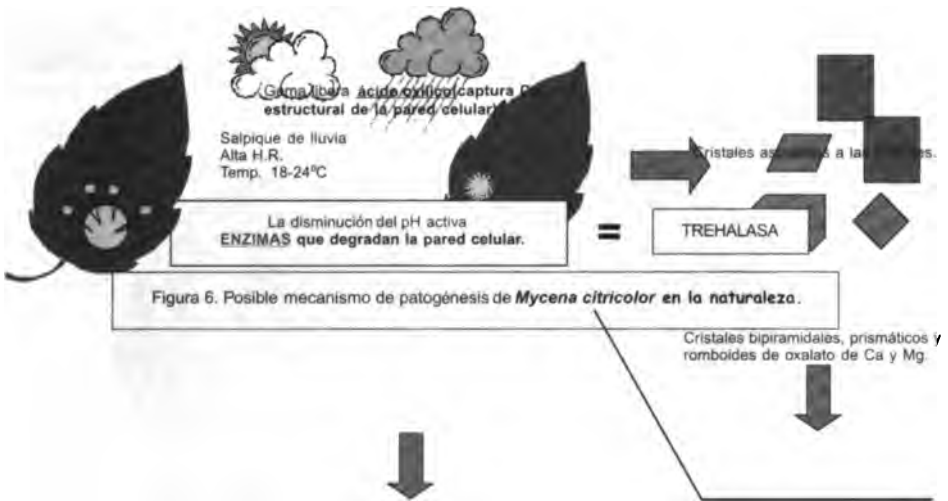
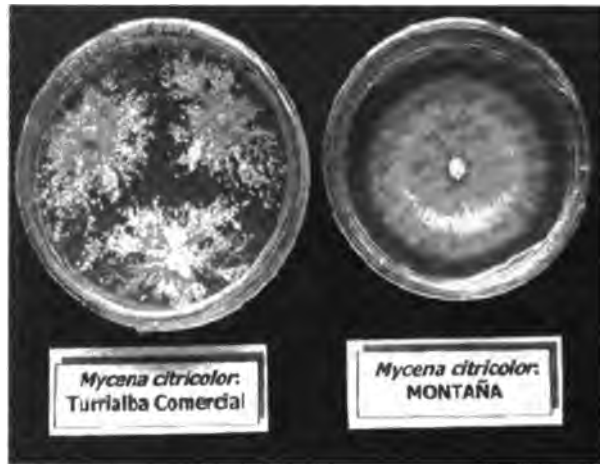
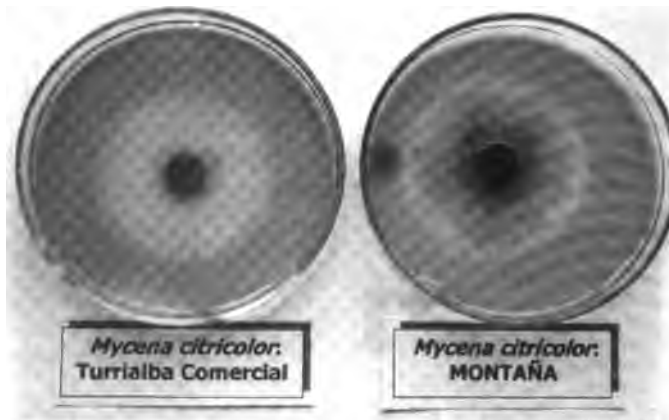


Figura 5. Posible mecanismo de patogénesis de *Mycena citricolor* en la naturaleza.



**Figura 6.** Aislamientos morfológicamente diferentes de *Mycena citricolor*: a la izquierda micelio blanco, en conglomerados y de lento crecimiento expuesto a aplicaciones no controladas de triazoles (Turrialba). A la derecha micelio blanco, uniforme y de rápido crecimiento sin aplicaciones de fungicidas (zona montañosa Carrizal de Alajuela).



**Figura 7.** Luego de la aplicación del Lugol (6 días después de la inoculación) en agar trehalosa al 1%: obsérvese a la izquierda la dimensión del halo de consumo de trehalosa (flechas) en el aislamiento proveniente de Turrialba, en contraste con un menor halo en el aislamiento proveniente de montaña (Carrizal - Alajuela).

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo se concluye:

El crecimiento radial del micelio fue mayor en los substratos con mayor concentración del carbohidrato trehalosa.

La aplicación del marcador LUGOL mostró claramente que el hongo *Mycena citricolor* produce la enzima trehalasa en su proceso normal de adquisición de fuente de energía.

La determinación del carbohidrato trehalosa en los diferentes cultivares de café podría ser una herramienta útil para la caracterización de susceptibilidad y/o resistencia del hospedero hacia el patógeno.

La determinación de la enzima trehalasa podría explicar en forma indirecta posibles cambios en el hongo que demuestren algún grado de variabilidad del patógeno.

## BIBLIOGRAFIA

- ARAUZ, L. C. 1998. Fitopatología un enfoque agroecológico. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 467p.
- CHAVES, O. C. 1996. Características biológicas del ojo

de gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo del cafeto en Costa Rica y su control. Hojas Divulgativas. Sandoz Agro S. A. San José, Costa Rica. 4p.

- DEY, P.M.; HARBORNE, J.B. 1997. Plant Biochemistry. London, Academic Press. pp 158-161.

- GODDIJN, O.; VAN DUN, K. 1999. Trehalose metabolism in plants. Plant Science. 4(8):315-319.

- GODDIJN, O.; VERWOERD, T.C.; VOOGD, E.; KRUTWAGEN, R.; DE GRAAF, P.; POELS, J.; VAN DUN, K.; PONSTEIN, A.; DAMM, B.; PEN, J. 1997. Inhibition of trehalase activity enhances trehalose accumulation in transgenic plants. CAB Abstracts 1996-1998.

- ISHIKAWA, R.; FUJIMORI, K.; MATSUURA, K. 1996. Antibacterial activity of validamycin A against *Pseudomonas solanaceum* and its efficacy against tomato bacterial wilt. CAB Abstracts 1996-1998.

- RAMIREZ, V. C. 1994. Estudio preliminar sobre el efecto del manejo nutricional y de luz en el contenido de cera

- cuticular, y el uso de coberturas foliares en la infección de *Mycena citricolor* (Berk y Curt) Saac. en hojas de cafeto. Tesis de licenciatura, Facultad de Agronomía, UCR. 70 p.
- RAO, D.V.; TEWARI, J.P. 1988. Suppression of the Symptoms of American Leaf Spot of Coffee with Calcium Hydroxide. Plant Disease. USA. 72 (8):688-690.
- TAKEDA CHEMICAL INDUSTRIES. s.f. Validacin: fungicide. Japan. 29p.
- TEWARI, J.P. 1990. Mecanismo de patogénesis del ojo de gallo del cafeto causado por *Mycena citricolor*. Taller Regional sobre roya, ojo de gallo y otras enfermedades del cafeto. Resúmenes. IICA-PROMECAFE, Costa Rica. 48p.
- VARGAS, V. E. 1996. Opciones al uso de fungicidas en el combate de ojo de gallo en café. En Memoria: X Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, III Congreso Nacional de Fitopatología, II Congreso Nacional de suelos. San José, Costa Rica. Editorial EUNED. Volumen II. pp3-6.
- WANG, A.; AVELLINO, J. 1999. El ojo de gallo del cafeto *Mycena citricolor*. Centro de Investigación en Protección de Cultivos, Universidad de Costa Rica. Centre de Cooperation Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpement, France. Trabajo Mimeográfico. 19 p.

**MICROSCOPIA ELECTRONICA DE BARRIDO DEL  
OJO DE GALLO (*Mycena citricolor*)  
EN EL CULTIVO DE CAFÉ.**

*Luis Vargas Cartagena*<sup>1</sup>

*Ethel Sánchez*<sup>2</sup>

*Harou Iwasawa*<sup>3</sup>

**RESUMEN**

Se visualizó la ultraestructura de gemas germinadas y sin germinar, gemas adheridas al pedicelo, el micelio y las fíbulas. La criofractura del tejido foliar afectado por el hongo evidenció micelio dentro de la célula y entre las paredes celulares. Se observaron los cristales de oxalato de calcio producto del mecanismo de patogénesis del hongo, hasta 3 semanas después de la inoculación sobre el tejido afectado. Las observaciones realizadas muestran la salida de la hifa por el envés de la hoja a través de los estomas. La hifa entra y/o sale sin aparente herida de la epidermis, fusionándose estrechamente con el tejido foliar. La presencia de numerosas bacterias posiblemente saprofitas se desarrollaron paralelo al micelio, se especula sobre una posible asociación entre estas bacterias y el hongo en el proceso de infección. Así mismo se detectó la presencia de bacterias que podrían estar degradando las hifas del hongo. Una capa mucilaginosa se desarrolló alrededor del micelio, la cual le aportaría una mayor superficie de contacto con el tejido vegetal. Es sobresaliente la producción masiva inicial de micelio proveniente de una gema con las condiciones adecuadas para empezar dicho proceso; cualidad que le permite al hongo una alta capacidad para provocar infección.

**Palabras clave:** Ojo de gallo, *Mycena citricolor*, microscopia electronica, café.

---

<sup>1</sup> Departamento Protección de Cultivos (MAG)  
<sup>2</sup> Unidad de Microscopia Electrónica (UCR).  
<sup>3</sup> Hokko Chemical Ind. Co

## INTRODUCCION

El objetivo fue visualizar varios componentes estructurales de la biología del hongo y posibles efectos que explican su mecanismo de patogénesis.

## MATERIALES Y METODOS

El trabajo se realizó entre los meses de abril y mayo de 1999. Se utilizaron hojas de café con lesiones viejas en donde el hongo permanece en estado latente, lesiones inoculadas activas sin herida y con herida. Secciones de 1.5 cm<sup>3</sup> de las muestras se fijaron con solución Karnovsky y tetraóxido de osmio al 2%, se deshidrataron en un gradiente de alcohol etílico (30°, 50°, 70°, 80°, 90°, 95° y 100°); usando terbutanol como líquido de transición para secar las muestras por sublimación, se montaron sobre bases de aluminio utilizando una cita adhesiva de carbón, se cubrieron con 25 nm de plantino y se observaron en un microscopio electrónico de barrido modelo Hitachi S-2360N. Se efectuó criofractura, proceso en el cual la muestra es fijada en Karnovsky, lavada con amortiguador de fosfatos, colocada en un crioprotector (DMSO) y luego es congelada en nitrógeno líquido y fracturada.

## RESULTADOS Y DISCUSION

La ultraestructura de *Mycena citricolor* evidencia claramente una estructura típica de este hongo conocida como fíbula, la cual es básica para el diagnóstico del mismo (Figura 1).

Las fíbulas cumplen la función de puente en el transporte de núcleos en el citoplasma del micelio. Es común observar este componente en el hongo *Sclerotium* spp. Fungicidas que tengan acción contra *Sclerotium* spp podrían considerarse efectivos en el combate de *Mycena citricolor*. Se observó que el proceso de germinación de las gemas va asociado con la producción de una capa mucilaginosa, la cual es posible que le provea al hongo una mayor capacidad de adhesión sobre la superficie foliar. Fue evidente una masa fuerte de hifas durante el proceso de germinación, cualidad que le permite al hongo una alta capacidad para provocar infección (Figura 2 y 3). La presencia de bacterias fue otra característica notable, las mismas se observaron teniendo dos aparentes mecanismos de acción: 1) posible degradación del micelio del hongo y 2) posible degradación de la superficie foliar. En el primer caso las bacterias cumplen la función de controladoras biológicas y en el segundo caso actúan



como facilitadoras para que *Mycena citricolor* pueda ingresar dentro de las paredes celulares de la planta. En ese sentido es probable que se trate de varios géneros de bacterias las cuales se encuentran normalmente en el filopiano del cultivo (Figuras 4, 5 y 7). La gema, en forma de “perilla de puerta”, se encuentra adherida a un tallo o pedicelo. Este último es un grupo de filamentos delgados, separados y paralelos entre sí (Figura 8). El efecto de choque debido a la gota de lluvia, desprende con relativa facilidad la gema del pedicelo; la cual se ubica aleatoriamente sobre la cutícula de

la hoja. Aún cuando se conoce que el hongo penetra en forma directa, no se descarta que también aproveche heridas o aberturas naturales, tales como las cavidades estomáticas, para penetrar hacia el interior del tejido foliar (Figura 9). El proceso de criofractura (ruptura de las capas de la lámina foliar) evidenció las hifas del hongo dentro y entre las paredes celulares (Figura 6). Los cristales de oxalato de calcio se vislumbraron sobre el tejido afectado hasta tres semanas luego de la inoculación, los cuales se encontraron aislados y de forma bipiramidal como predominante (Figura 10, 11 y 12).



**Figura 1.** Micelio del hongo en donde se aprecian las fibulas (flechas) del mismo.



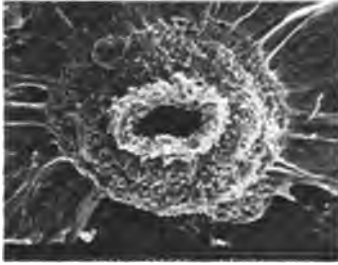
**Figura 2.** Gema germinada con gran cantidad de hifas



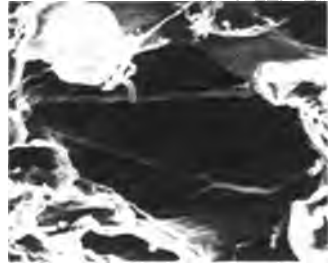
**Figura 4.** Posible efecto de bacterias (flechas) degradando el micelio.



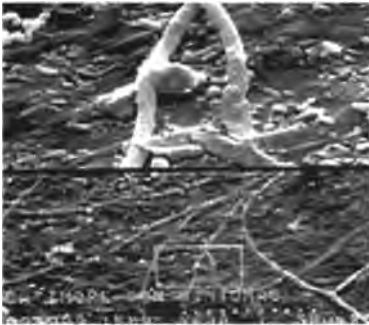
**Figura 5.** Bacterias degradando la superficie foliar paralelas al micelio del hongo.



**Figura 3.** Gema germinada, se aprecia abundante micelio alrededor de la misma.



**Figura 6.** Micelio del hongo dentro de la célula y entre las paredes celulares.



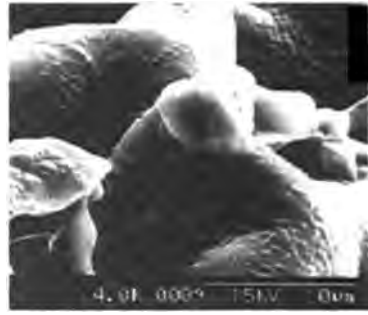
**Figura 7.** Acercamiento de micelio y fibulas rodeados de abundantes bacterias.



**Figura 10.** Cristales de oxalato de calcio.



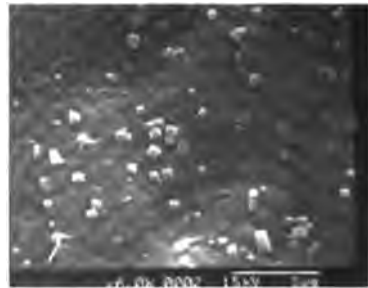
**Figura 8.** Gema adherida al pedicelo.



**Figura 11.** Cristales de oxalato de calcio.



**Figura 9.** Micelio del hongo cercano a una cavidad estomática.



**Figura 12.** Cristales de oxalato de Calcio.

**TRAMPAS Y ATRAYENTES PARA MONITOREO  
DE POBLACIONES DE BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus  
hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae).**

Reinaldo Cárdenas M.<sup>1</sup>

**RESUMEN**

La broca del café *H. hampei* es un escarabajo diminuto (1.0 – 1.5 mm) que se alimenta y reproduce en los frutos del cafeto *Coffea* spp (Rubiales: Rubiaceae).

La población cafetera de Colombia, unos 3000 millones de árboles empezó a ser afectada por esta especie hacia finales de 1988 y unos siete años después se hallaba colonizada en un 75%.

El daño que causa al cultivo es bien conocido por los cafeteros y su manejo le cuesta al productor entre un 3 y 5% de su cosecha

El uso de insecticidas químicos para atacar poblaciones dañinas es cuestionado por sus efectos nocivos sobre el ecosistema por lo cual se buscan alternativas para reducir al máximo las aplicaciones y hacerlas racionalmente, cuando no haya otra opción.

En la búsqueda de sustitutos a los agroquímicos, se han orientado miradas hacia los insecticidas de la tercera generación y dentro de estos al grupo de los mediadores químicos, que son productos naturales que intervienen en las relaciones hospedero-parásito.

Para la aplicación y uso de estos semioquímicos se utilizan dispositivos diseñados específicamente para optimizarlos, conocidos como trampas.

En esta investigación realizada durante nueve años en diferentes regiones cafeteras de Colombia se evaluaron más de 60 compuestos buscando un efecto de kairomona sobre la broca, y con las más promisorias se evaluaron ocho modelos diferentes de dispositivos. También se desarrolló un programa de trampeo durante cuatro años en la estación Central Naranjal, utilizando cuarenta trampas modelo Cenicafé distribuidas en cuarenta parcelas con 50 árboles c/u, variedad Colombia sembrada a uno por 1 x 1 m. Los resultados obtenidos en estas investigaciones condujeron a las siguientes conclusiones:

---

<sup>1</sup> Investigador pensionado Federación Nal. de Cafeteros de Colombia, CENICAFE, Colombia

- Los atrayentes con base en los alcoholes metanol, etanol producen un efecto caíromona satisfactorio para realizar programas de monitoreo de poblaciones en fincas.
- La adición de café procesado a la mezcla de estos alcoholes incrementa significativamente las capturas, lo cual permitirá realizar ensayos de trampeo masivo durante los periodos de dispersión de la broca.
- La variabilidad en el número de capturas por trampa y el escape de muchas brocas que se acercan a ella evidencian un efecto feromona.
- Se debe continuar buscando atrayentes de mayor campo de acción y estos parecen encontrarse en los mediadores intraespecíficos (agregación, huella, alarma.)
- Los agroquímicos mantendrán vigencia por muchos años más como herramienta útil para rebajar poblaciones dañinas de broca, pero su uso se puede reducir significativamente mediante la adopción de prácticas como el trampeo que permiten optimizar su uso.
- El modelo "trampa de embudos" por su costo y eficiencia es el más apropiado para el monitoreo de poblaciones en fincas.

**Palabras clave:** Broca del café, atrayentes, trampas, Colombia.

## INTRODUCCIÓN

-Este escarabajo diminuto (1,5 mm), oriundo de Africa Central, se alimenta y reproduce en las semillas de *Coffea* spp. (Rubiales: Rubiaceae). Fue introducido a Brasil hacia 1913 y finalizando el siglo se había regado por todos los países cultivadores de café en América, excepto Costa Rica, Cuba y Panamá.

Colombia tiene unos 3.000 millones de cafetos de la especie *C. arabica* L., variedades: Colombia, Caturra, Typica, Bourbon y Maragogype, sembrados entre uno y 10 grados de latitud norte. Esta

población apareció por vez primera afectada por *H. hampei* hacia 1988 y unos siete años después se hallaba colonizada por el insecto en un 75%.

El daño del insecto a la producción es bien conocido por los cultivadores de la rubiacea, quienes deben pagar entre un tres y un cinco por ciento de su cosecha para evitar pérdidas mayores. La bebida obtenida de almendras brocadas no tiene la calidad reconocida por los consumidores de todo el mundo al café colombiano.

Los insecticidas químicos usados por los productores para atacar poblaciones dañinas de esta especie,

actualmente son cuestionados por los consumidores. Los compuestos que intervienen en la comunicación hospedero-parásito de consuno con los dispositivos diseñados para su aplicación, están siendo considerados como una alternativa promisoría para sustituir o al menos reducir las aspersiones de agroquímicos.

Cuando se adicionó etanol a una dieta para la cría de *Xyleborus ferrugineus* (F.) sin hongo simbionte, las hembras barrenaron y se establecieron más rápido que cuando no se adicionó alcohol (Norris et al 1969).

En el leño y la corteza de árboles atacados por *Trypodendron lineatum* (Olivier) se identificó la presencia de metanol, etanol y acetaldehído. A las concentraciones encontradas, sólo etanol fue atractivo a machos y hembras en condiciones de laboratorio (Moeck 1970). La trampa de embudos múltiples, cebada con una mezcla de metanol – etanol en proporción 3:1 y con una tasa de liberación diaria entre 60 y 120 ml/día, se puede usar en la detección y monitoreo de la broca del café (Mendoza 1991).

En ensayos de laboratorio con olfatómetro, se encontró que la broca del café puede reconocer el grado de maduración de los frutos, orientada por los compuestos volátiles desprendidos de los frutos y que algunos de estos pueden

capturarse en acetona (Giordano 1993).

De 3.000 brocas hembras liberadas dentro de un recinto cerrado, un poco más del 45% fueron recapturadas usando trampas de embudo múltiple cebadas con la mezcla metanol-etanol en proporción 1:1. Las trampas de color rojo y con la menor tasa de liberación del atrayente (0,5 ml/día) fueron más eficientes (Mathieu et al 1997).

La hembra de la broca del café tiene un rango visual corto que le sirve para escoger los frutos más maduros, pero la respuesta olfativa a mayor distancia varía según la edad fisiológica, su estado de fertilidad y el abandono de la camada. Entre los volátiles liberados por frutos de diferente grado de maduración, se identificó al metanol, el cual fue atrayente de la broca del café (Mathieu 1995).

Los productores de manzanas en Columbia Británica (Canadá), han logrado reducciones sustanciales en las aplicaciones de agroquímicos, mediante el uso de trampas para el monitoreo de los insectos plagas (Jones 1998).

En un ensayo de trapeo masivo contra broca del café en Salvador, usando 26 trampas/Ha. Cebadas con metanol-etanol en partes iguales, se logró disminuir el daño en 34,8% y cuando la mezcla se complementó con dos terpenoides, el daño se disminuyó en 50,7%, du-

rante la primera parte del ensayo, respecto a un testigo sin trampeo (Dufour et al 1999).

## MATERIALES Y MÉTODOS.-

Los primeros registros de capturas de brocas hembras en trampas cebadas con etanol se hicieron en la finca La vitrina de Yalí Antioquia, usando la trampa tipo Esalq., posteriormente se realizaron monitoreos con este dispositivo en las fincas La pradera de Ansermanuevo, Valle del Cauca y Casablanca en Pereira, Risaralda. En esta última localidad se hicieron registros de capturas semanales en cuatro trampas durante 30 meses, usando la mezcla metanol-etanol en proporción 3:1. También se hicieron registros de capturas con esta trampa y esta mezcla en Montenegro (Quindío) en Supia (Caldas) y en Pereira (Risaralda). Estas experien-

cias condujo al desarrollo de la trampa modelo Cenicafé con la cual se inició un trabajo de monitoreo en la estación central Naranjal en donde se distribuyeron 40 trampas en igual número de parcelas con 50 árboles cada una de la variedad Colombia en soca de primera cosecha. Se hicieron registros semanales durante 210 semanas entre Febrero/96 y Enero/2000. Usando la mezcla metanol-etanol en proporción 3 a 1. El cafetal estaba situado a continuación de la estación meteorológica, margen derecha de la carretera que une a la fundación Manuel Mejía con Naranjal.

Como laboratorio para la prueba de tipos o modelos de trampas y sustancias atrayentes para la broca se utilizó las áreas vecinas a los laboratorios de producción de parsitoides ubicados en la sede antigua de Cenicafé (La granja).

**Tabla 1.** Lista de materiales evaluados por su efecto atrayente a la broca del café.

Alcoholes	Otros químicos	Materiales diversos
Metanol	Acetona	Frutos verdes y maduros
Etanol	Acetato de etilo	Frutos sanos y brocados
Propanol	Cloroformo	Residuos de las bandejas de cria de broca.
Butanol	Cafeína	Macerado de brocas muertas
Alcohol amílico	Licores	Hembras vivas fertilizadas y sin fertilizar.
Alcohol isopropílico		Machos vivos
Eugenol		Extracto de café
Xilol		Mezclas de café soluble
Glicerol		Los perfumes del café (36).

Los modelos de trampa evaluados fueron: Esalq. Salvador, Cenicafé, Embudos múltiples, Salvador modificada y Embudos Cenicafé con tres, cinco y siete embudos obtenidos de las botellas de dos litros en las que se envasa gaseosa.

Las partes que entran en la construcción de una trampa de embudos múltiples son : un pedazo de latón de 30 por 40 cm para la fabricación del techo a dos aguas, cinco botellas plásticas desechables de gaseosa 2 litros, dos varillas de alambre de 40 cm para el acople del techo y los embudos, un vial de vidrio de 10 a 20 ml con tapa y una perforación central de 1 mm de diámetro y un frasco plástico colector

de unos 40 ml con tapa para acoplar al embudo más inferior. El vial de vidrio se acopla dentro de embudo central de manera que no obstruya la caída de la broca al recipiente colector; dentro del vial se pone el material atrayente. En el frasco colector se ponen uno 10-20 ml de agua jabonosa o un poco de aserrín ligeramente humedecido para retener la broca que cae en la trampa. Si se desea liberar las especies diferentes a *H. hampei* lo aconsejable es usar el aserrín. Los registros se hacen por períodos de hasta ocho días, pues si más, se inicia la descomposición de los especímenes capturados.

## RESULTADOS

Tabla 2. Número promedio de brocas capturadas en trampas cebadas con alcohol en cuatro localidades de Colombia

Meses	Yali n=1091	Cesites n=3082	La Granja n=2733	Cerritos n=1094	Naranja n=1093
Enero	147	81	180	391	478
Febrero	68	84	74	1338	1234
Marzo	68	178	274	582	1238
Abril	41	3486	386	165	1811
Mayo	28	1838	27	42	88
Junio	19	978	14	11	18
Julio	28	48	2	3	4
Agosto	9	42	6	4	2
Septiembre	28	331	28	7	2
Octubre	12	233	67		3
Noviembre	62	188	38		2
Diciembre	82	48	148		2

\* metanol + etanol

En todas las localidades donde se hizo seguimiento de población, los registros más altos de capturas ocurrieron durante los cinco primeros meses del año. Esta población proviene de los frutos derramados durante la recolección de la cosecha principal que se hace entre Sep-

tiembre y Diciembre. Esta caída de frutos durante la recolección se estima entre 80 y 150 frutos por árbol.

No solo se registraron diferencias entre localidades o regiones, sino también entre cafetales y entre trampas.

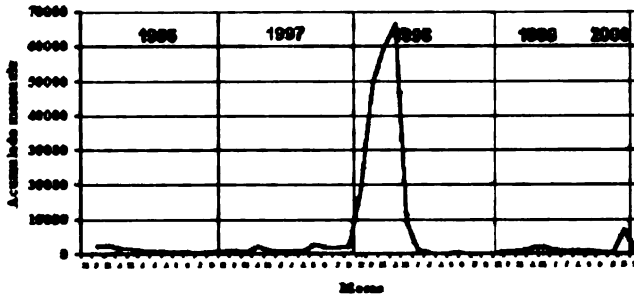
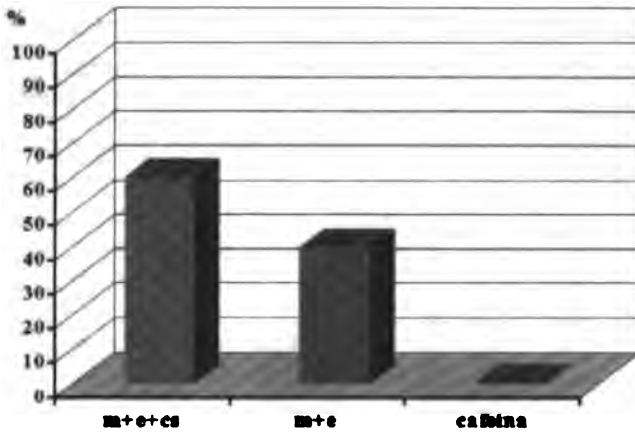


Figura 1. Número de brocas capturadas mensualmente con 40 trampas en un cafetal de 2000 árboles (Registros semanales durante cuatro años).

Como se mostró en la tabla número 2, los mayores registros se obtuvieron en los primeros meses del año, después de recogida la cosecha principal. Las elevadas capturas del año 1998, son consecuencia de una abundante cosecha en el año 1997 y un periodo de sequía ocurrido entre Diciembre de 1997 y Febrero de 1998. La población obtenida fue de tal magnitud que

deprecio en alto grado la mitaca (cosecha de primer semestre, que se recoge entre Marzo y Mayo y que corresponde a un 20 - 30% de la producción anual) y produjo un colapso poblacional por ausencia de frutos suficientes y apropiados para la reproducción, unido esto a un incremento significativo de la incidencia de patógenos, especialmente *Beauveria bassiana*.





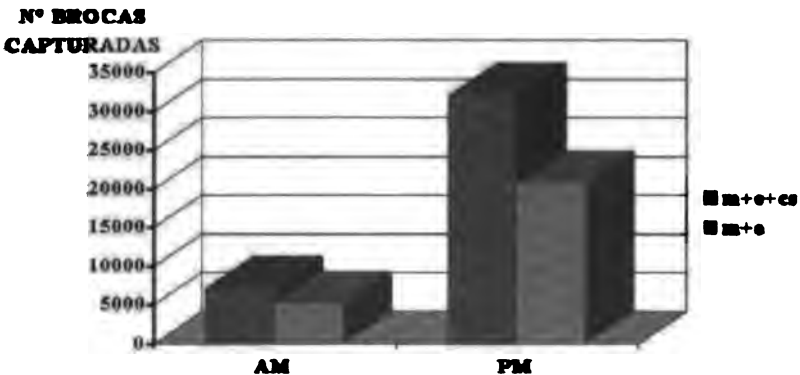
**Figura 2.** Comparación de las capturas en un mismo tipo de trampas, con tres atrayentes diferentes. Registros diarios durante 15 días.

Consistentemente las capturas registradas en la trampa cebada con café soluble disuelto en una mezcla de partes iguales de metanol y etanol fueron superiores en un 50% a las registradas en la trampa cebada con la mezcla de alcoholes.

La trampa que tenía como atrayente cafeína disuelta con cloroformo capturó apenas las brocas que por

azar chocaron contra los embudos. Como era de esperarse se volatilizó el cloroformo y quedó la cafeína depositada en el recipiente dispensador.

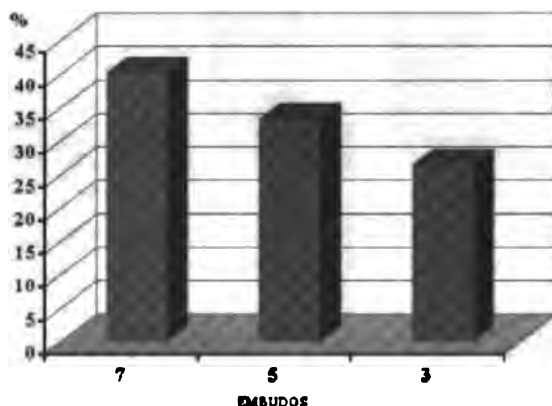
Tanto en la trampa con café soluble, como en la de solo alcoholes se observaron muchas brocas que llegaban hasta unos pocos centímetros de la estructura y de allí volaban en otra dirección.



**Figura 3:** Número de brocas capturadas cada seis horas con dos clases de atrayentes y un mismo modelo de trampa. Acumulado de 15 días.

Las capturas realizadas entre las seis de la mañana y las doce del día, son aproximadamente el 10 - 15 % del total capturado en el día, esta cifra prácticamente se obtiene en el lapso de tiempo comprendido

entre las 10:00 y las 12:00 a.m. Las máximas capturas ocurrieron entre las 2:00 y las 4:00 p.m. Entre las 6:00 p.m. y las 6:00 a.m. del día siguiente no se registraron capturas.



**Figura 4:** Comparación de las capturas registradas en trampas con 3, 5 y 7 embudos, cebados con un mismo atrayente. (15 Registros).

Aunque las capturas en las trampas de siete embudos fueron significativamente superiores a las de tres embudos, no lo fueron respecto a las de cinco embudos, las

cuales fueron iguales a las de tres. De manera que por costos y con fines de monitoréo de poblaciones, las trampas de cinco embudos son suficientes.

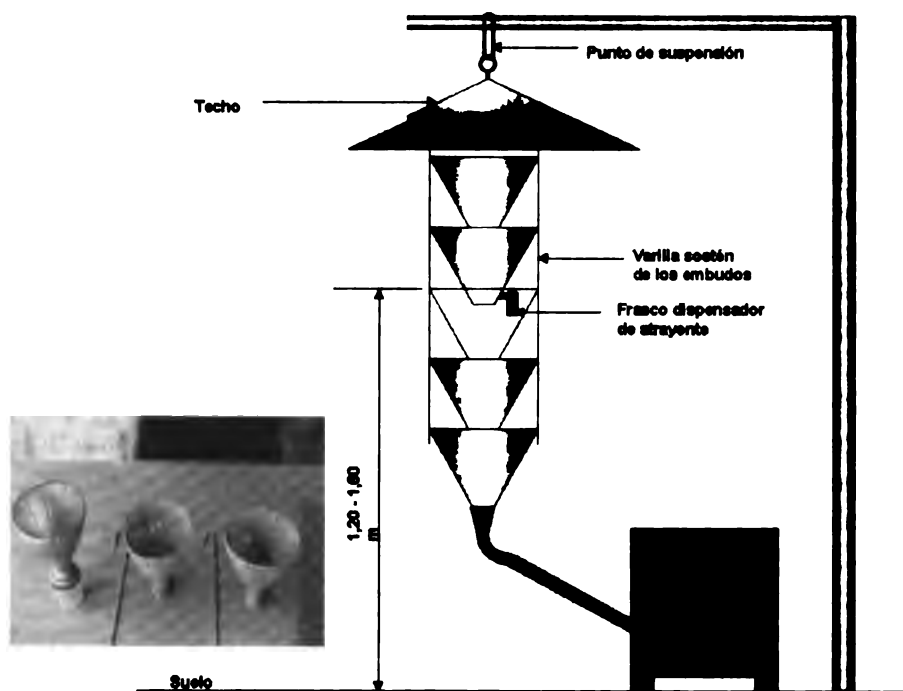


Figura 5: Componentes de la trampa tip Cenicafé y como ensamblarla.

## CONCLUSIONES

Un atrayente compuesto por etanol más metanol en partes iguales produce un efecto Cairomona, satisfactorio para monitorear poblaciones de broca.

Para hacer un monitoreo de poblaciones de broca se recomienda primero ubicar los puntos en el café tal donde se van a colgar las trampas y luego colocarlas entre uno y dos metros de altura, la cebada de las trampas se hace hacia las 10:00 a.m. durante los días despejados precedidos de un aguacero nocturno,

no, mayor de 8 a 10 mm, ocurrido después de un periodo seco de 8 o más días. En el recipiente de captura para registro de las brocas se pone un poco de aserrín claro humedecido con el fin de poder aprovechar las brocas capturadas para la reproducción de parasitoides y patógenos, además de liberar a los insectos no objetivo.

La adición de café soluble a la mezcla de alcoholes aumenta significativamente las capturas, lo cual permitirá evaluar su efecto sobre poblaciones dañinas en programas de trapeo masivo.

La variabilidad en el número de capturas por trampa y el escape de una buena parte de la población que se acerca, pone en evidencia la presencia de una feromona.

La trampa con cinco embudos y el atrayente acoplado en el embudo central es suficiente para el monitoreo de poblaciones de broca.

Se debe continuar en la búsqueda de un atrayente con un campo de acción mayor y explorar dentro del grupo de los mediadores intraespecíficos (agregación, huella, alarma).

Los agroquímicos mantendrán vigencia por muchos años como herramientas para rebajar poblaciones dañinas de broca, pero su uso se puede reducir significativamente mediante la adopción de programas de monitoreo tendientes a racionalizar su utilización.

El trampeo ayuda a resolver el interrogante de cuando, donde y como aplicar el insecticida sea químico o biológico.

El modelo de trampa con cinco embudos y techo a dos aguas resultó un buen refugio para depredadores como avispas y arañas.

El trampeo bien realizado es una herramienta valiosa para: Ubicar focos o puntos de mayor infestación; Mantener un seguimiento de la población que permita las toma de decisiones y optimizar el uso de los controles químico, biológicos y manuales.

## BIBLIOGRAFÍA

- Dufour, B., González M. O., Frérot, B. 1999. Mass Trapping of coffee borer *H. hampei* Ferr. (Coleoptero: Scolytidae) in field conditions: First result. Asic 99 August 2-6, 1999 Helsinki, Finland. Abstracts A134.
- Giordanengo, P.; Brun, L. O.; Frérot, B. 1993. Evidence for allelochemical attraction of coffee berry borer, *H. hampei*, by coffee berries. Journal of Chemical Ecology 19(4): 763-769 1993.
- Jones, O. 1998. Pest monitoring in insects pheromones and their use in pest management pp: 261-313 Chapman Hall.
- Mathieu, F.; Brun, L. O., Marchiland, C.; Frérot, B. 1997. Trapping of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera: Scolitidae) within a mesh enclosed enviroment: interaction of olfactory and visual stimuli. J. Appl.Ent. 121: 181-186
- Mathieu, F. 1995. Host colonization mechanisms in the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Ferr.) These. Noumea Nouvelle Calédonia.
- Mendoza, M. J. R. 1991. Reposta da broca do café *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuais e

- semioquímicos. Vicoso, Minas Gerais (Brasil). Universidade Federal de Vicoso 44p. (tesis M. Sc.).
- Moeck, H. A. 1970. Ethanol as the primary attractants for the ambrosia beetle *Trypodendron lineatum* (Coleoptera: Scolytidae). Canadian Entomologist 102: 985-995.
- Norris, D.M.; Baker, J. M. 1969. Nutrition of *Xyleborus ferrugineus*. I. Ethanol diets as a tunneling (feeding) stimulant. Annals of the Entomology Society American. 62: 592.



## **DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DEL TRAMPEO EN EL MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA DEL CAFÉ *Hypothenemus hampei* Ferr. en El Salvador**

*María Ofelia González<sup>1</sup>  
Bernard Pierre Dufour<sup>2</sup>*

### **RESUMEN**

Con el propósito de buscar otra táctica de control en el manejo integrado de broca del café *Hypothenemus hampei*, se realizaron estudios durante 1997, 1998 y 1999 sobre trampeo en parcelas de 3600 m<sup>2</sup>, en la Finca El Espino, Antiguo Cuscatlán, La Libertad.

Los resultados obtenidos en este trabajo constituyen una etapa importante para la elaboración de un método de trampeo masivo de broca habiendo realizado cinco experimentos en 1997, en 1998 se realizaron cuatro ensayos y uno de ellos con cuatro experimentos; en 1999 se realizaron dos ensayos y uno de ellos con 9 experimentos; los cuales fueron sobre evaluación de atrayentes, sobre difusión y difusores, sobre modelos de trampas, líquidos de captura, altura a que debe ser colocada la trampa, migración y captura de las trampas, eficacia de las trampas.

Teniendo como base los resultados de todos los experimentos se obtuvo un prototipo de trampa "PROCAFE" que es muy eficiente y es específica para capturar adultos de broca del café y que sirvió para la creación de la trampa comercial BROCAPÔ la cual ya se fabricó y registró como parte de un convenio entre PROCAFE y CIRAD. Además, se definió el período de mayor captura, como debe de colocarse la trampa.

El trampeo permite eliminar muchas hembras, las cuales en condiciones normales colonizan los frutos y es una táctica que se puede integrar fácilmente al manejo integrado de la plaga.

En el presente año se está validando el trampeo a nivel de parcelas comerciales, en 15 fincas distribuidas en todo el país.

**Palabras claves:** trampeo, manejo integrado de la broca, *Hypothenemus hampei*, El Salvador

---

<sup>1</sup> Licda., Ingra. Agr., M.Sc., Coordinadora Proy. Servicio al Caficultor en Protección Vegetal. PROCAFE. Final 1ª. Ave. Norte, Fte. Res. Montesión, Nueva San Salvador, El Salvador, C.A.  
email :PROCAFE@es.com.sv. PBX 288-3088, FAX 228-0669

<sup>2</sup> Doctor. Entomologo. CIRAD, IICA/PROMECAFE, PROCAFE

## INTRODUCCIÓN

La broca del fruto del cafeto *Hypothenemus hampei* sigue siendo la plaga de más importancia económica del cultivo. En El Salvador se reportó su presencia en 1981 y desde entonces se estima que se ha dispersado en un 85% de la zona cafetalera, principalmente en zonas de bajío y media altura.

Ante la presencia de la broca en el país se intensificaron los rastreos en fincas y beneficios, se instalaron puestos cuarentenarios y aplicaciones de químico a los focos de infestación; además, se iniciaron capacitaciones a transferencistas y caficultores sobre el conocimiento de la broca. Así mismo, se realizaron estudios sobre su bioecología, tales como biología, dinámica poblacional, distribución espacial, técnicas de muestreo, pérdidas ocasionadas por la plaga y evaluaciones de dosis y productos químicos para el combate. Conocimientos que han servido de base para impulsar la estrategia del manejo integrado de la plaga.

Actualmente, el control integrado de plagas se puede considerar como la alternativa del futuro, asociando varias técnicas tales como el control cultural, el trapeo y el control biológico. En este marco, el trapeo con kairomonas se puede insertar perfectamente bien ya que tiene un acción complementaria a estos métodos.

Las trampas con atrayentes se conocen desde hace mucho tiempo, han sido utilizadas en agricultura para controlar las infestaciones de varios insectos plagas desde antes de la aparición del DDT en 1939 y de sus derivados (Balachowsky, 1). Después de muchos años de abandono, el trapeo está en proceso de renacimiento y con el desarrollo del manejo integrado se aplica como método de detección, de advertencia o como alternativa del manejo integrado. Los trabajos de Mendoza Mora (10) demostraron el interés del trapeo de la broca realizado con una mezcla volátil compuesta de etanol y metanol y él menciona dos tipos de trampas: el modelo ESALQ/84 de Berti Filho y Flechtmann (2) y el modelo con embudos múltiples de Lindgren (6). Los resultados obtenidos por Gutiérrez-Martínez *et al.* (5) con trampas de fabricación artesanal y mezclas llevando metanol confirman los resultados anteriores. Pero los estudios de Mathieu *et al.* (7,8, 9) traen informaciones adicionales con los análisis físico-químicos de las sustancias volátiles que producen las cerezas durante las diferentes etapas de su evolución fenológica que permitieron identificar varios alcoholes y numerosos terpenos. Estas sustancias, las producen más las cerezas rojas que las verdes. Los primeros ensayos realizados en El



Salvador demostraron que el metanol es atractivo para la broca, sobre todo cuando está mezclado con etanol (3).

Una encuesta realizada en 1995 sobre una muestra de 108 fincas de café en El Salvador, a mostrado que en el marco del manejo integrado de la broca no se aplicaba más de tres parámetros: la cosecha de frutos prematuros, el control biológico con parasitoides y el control químico (PROCAFE, 11). Los otros parámetros se ven por los caficultores como actividades agronómicas normales del cafetal: cosechas sanitarias (pepena y repela), poda de los cafetos, regulación de sombra, control de malezas, etc

La impresión general que sale de la encuesta es que el control de la broca es una carga adicional para el productor de café y que tiene que absorber lo menos de tiempo posible o consumir poca actividad. Se puede observar que todas las técnicas propuestas en el marco del control integrado necesitan la presencia activa del caficultor para poder combatir la plaga. El único método que es totalmente pasivo, es decir que atrae el insecto sin ninguna intervención directa del hombre, es el trampeo. Este aspecto puede ser un elemento importante para la aceptación del método.

Existe otro aspecto que llama la atención de los utilizadores del

trampeo: se trata del efecto visual provocado por la broca capturada que va acumulándose en la trampa, sobre todo durante los períodos de fuertes migraciones. Numerosos son los que piensan que cualquier broca capturada es una contribución a la reducción de las infestaciones. Con el propósito de buscar una alternativa mas en el control de broca se iniciaron investigaciones en condiciones de campo a partir de 1997 sobre trampeo de adultos. Finalmente, los primeros ensayos de eficacia del trampeo masivo se realizaron en El Salvador en 1997 y 1998 con trampas experimentales y mezclas atractivas llevando alcoholes. Los resultados indican que la eficacia puede alcanzar 50.7%. Se trata de una reducción de las infestaciones sobre las nuevas fructificaciones con respecto a un testigo sin trampeo (Dufour y González, 4)

## **MATERIALES Y METODOS**

Los ensayos se realizaron en el área de cafetal orgánico de la finca El Espino, Municipio Antiguo Cuscatlán, Departamento La Libertad, El Salvador, ubicada a una altitud de 850 msnm. El cafetal tiene más de 35 años de edad; está sembrado con la variedad Bourbon, bajo sombra, con un distanciamiento entre plan-

tas variable ya que el cafetal está en proceso de resiembra (alrededor de 2000 plantas por 0.7hectáreas)

### **Elaboración de un método de trampeo.**

**La trampa:** Al inicio, las trampas experimentales fueron diseñadas con el único objetivo de establecer ensayos para determinar los parámetros del trampeo, habiendo realizado modificaciones a las utilizadas por Gutiérrez (5). Por esta razón se elaboraron de manera muy sencilla, y posteriormente tomando en cuenta el comportamiento de vuelo de la broca, y más precisamente su acercamiento a la fuente atractiva así como su aterrizaje se diseñó la trampa BROCAPÔ.

La primera trampa se compone de cuatro principales elementos:



**El recipiente de captura,** abierto en su parte superior para que los insectos puedan entrar fácilmente.

**El difusor,** ubicado en el centro de la trampa, contiene el atrayente y lo libera de manera continua, solamente por efecto de evaporación. Si el atrayente es una mezcla compleja, la difusión se hace por medio de una mecha.

**El atrayente,** en su forma elemental se compone de la mezcla de alcoholes.

**El líquido de captura,** compuesta de agua y de algunas gotas de jabón líquido, tiene como ahogar la broca caída en la trampa.

**Diseño :** Los cafetales en los cuales se realizaron los ensayos de trampeo son representativos del parque cafetalero salvadoreño. Se componen de variedades tradicionales de arábica con porte alto, en particular de Bourbon, y cultivadas bajo sombra.

Se realizaron varios ensayos en 1997, 1998 y 1999, en los cuales en la mayoría se utilizó un diseño similar.

### **Materiales:**

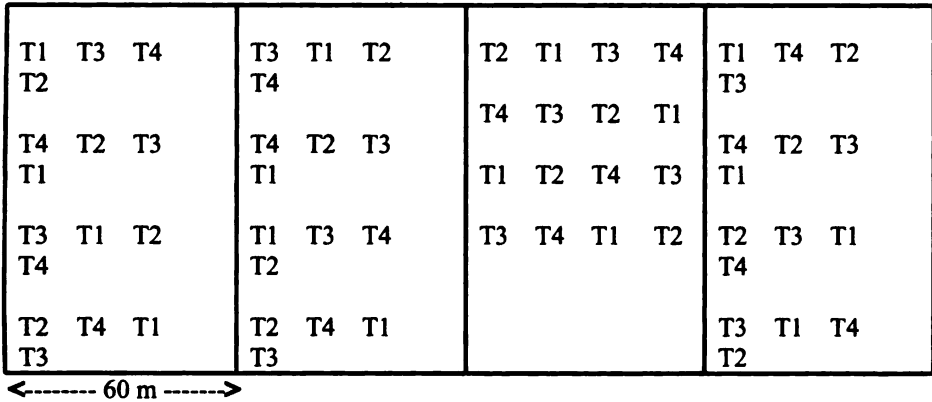
- Trampa: modelo "1B" y otras como la 2ª, NPP- 3 A , " Multipher A" y PROCAFE.
- Difusor: modelo simple de 20 ml, con orificio de 2 mm, 2.5 mm y de 3.0 mm de  $\varnothing$ , difusor con mecha,
- Líquido de captura: 250 ml de agua + jabón líquido

**Tratamientos:** Diferentes de acuerdo al experimento.

**Condiciones experimentales:**

- El diseño experimental a usar será: 4 tratamientos y 16 repeticiones,
- El arreglo será: 4 parcelas continuas de 3600 m<sup>2</sup> (60 x 60 m),

En cada parcela se colocarán 16 trampas distribuidas según una red homogénea (Fig. 1) colgadas sobre cafetos a una altura de 120 cm. Los tratamientos estarán distribuidos al azar en cada parcela.



**Figura 1:** Plan de distribución en el campo

**Parámetros evaluados y datos tomados:**

- Se media la cantidad de atrayente evaporado (tasa de difusión),
- Se determinó el número de brocas en cada muestra. Cuando la captura fue mínima, el recuento se hizo directamente contando la broca una por una. En el caso contrario, el número de brocas se evalúa a partir del volumen de la muestra, en comparación a volúmenes de referencia.

En 1997 se hicieron los siguientes experimentos:

Exp. 1. Pruebas de atractividad con

mezclas etanol-metanol en diferentes proporciones, Prueba con mezcla etanol+metanol y extracto de pulpa, broca triturada, Prueba con mezcla etanol -metanol agregando cafeína pura y café oro molido. Exp 2. Pruebas de difusión de la mezcla etanol-metanol.

Exp 3. Prueba de diferentes modelos de trampa (2), color de difusor (2)

Exp 5. Prueba de captura en función de la distribución de las trampas.

En 1998 se realizaron cuatro ensayos que son los siguientes:

Ensayo 1. Estudios básicos para la elaboración de trampas. Exp. 1. Comparación de diferentes modelos de trampa (2 pruebas), Exp. 2.

Comparación de dos sistemas de difusores (2 pruebas). Exp. 3. Determinación de la actividad Kairomonal de varias modalidades (3 pruebas). Exp. 4. Evaluación del nivel de captura de broca en el campo en el transcurso del día (1 prueba) Ensayo 2. Evaluación preliminar de la eficacia del trapeo en el período de post-cosecha.

Ensayo 3. Estudio del espectro de acción de los diferentes complejos atractivos utilizados en el trapeo de broca.

Ensayo 4. Estudio de los diferentes aspectos de migración-captura En 1999 fueron dos ensayos:

Ensayo 1. Estudios básicos para la elaboración de trampas, que consistió en:

Experimento 1. Evaluación de la distribución de los diferentes tratamientos. distribución al azar, en líneas, en grupos, en círculo.

Experimento 2 a) Comparación de dos sistemas de difusión, utilizando trampas 1B. b) Efecto de diferentes tasas de difusión sobre la captura y nueva evaluación sobre dos sistemas de difusión.

Experimento. 3. Comparación de diferentes formulaciones atractivas simples. Experimento. 4. a) Comparación de diferentes formulaciones atractivas complejas: con terrenos de café canephora y arabica.

b) Comparación de diferentes formulaciones atractivas complejas con varias dosis de limonene.

c) Comparación de diferentes formulaciones atractivas complejas: con varias dosis de una mezcla de terpenos.

Experimento 5. Evaluación de cuatro modelos de trampas: 3 pruebas.

Exp. 6 Estudio del efecto del color de las trampas. Experimento 7

Evaluación de varios líquidos de captura. Exp. 8. Evaluación de la

altura de las trampas "1B" sobre la eficacia de la captura. Exp. 9. Efecto

de la altura de las trampas "PROCAFE" con embudo rojo,

sobre la eficacia de la captura.

Además de los estudios sobre la elaboración de trampas se realizó

un ensayo de eficacia en condiciones de campo.

En 2000 se tiene en proceso el estudio de la eficacia con el modelo de trampa BROCAP™ y también

la validación al nivel de parcelas comerciales de 4.2 ha en 15 fincas distribuidas en todo el país.

Los resultados se analizaron con el método no-paramétrico de

Kruskal-Wallis que permite la comparación de los diferentes trata-

mientos entre sí (niveles de captura) y mediante al análisis de varianza.

En el presente año se esta realizando la validación de la trampa

BROCAPÔ a nivel de parcelas comerciales de 4.2 hectáreas en cada

una de 15 fincas, en donde una parcela es la testigo (sin trampas) y

en la otra se colocaron 72 trampas en cada una de las fincas por el período de 13 de abril hasta el 30 de junio de 2000..

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

**Resultados obtenidos en 1997:**

**Experimento 1**

**Cuadro 1.** Datos de broca capturada en 4 pruebas con atrayentes de diferentes proporciones de alcoholes ( experimento 1), en Fca. El Espino. El Salvador, 1997.

Tratamientos	Brocas/trampa/día
<b>Prueba 1</b>	
1. Mezcla 50% etanol y 50% metanol	19
2. Mezcla 100% metanol (T1 ≠ T2 según prueba Kruskal wallis)	6
<b>Prueba 2</b>	
3. Mezcla 75% etanol y 25% metanol	92
4. Mezcla 50% etanol y 50% metanol	111
5. Mezcla 25% etanol y 75% metanol	101
6. Mezcla 100% metanol (T3=T4= T5 > T6 según K. W)	33
<b>Prueba 3</b>	
7. Mezcla 50% etanol y 50% metanol	19
1. Mezcla 50% etanol y 50% metanol + extracto de pulpa de café	11
9. Mezcla de 50% etanol y 50% metanol + extracto de broca tritura ( T7 > T8 = T9 según prueba Kruskal wallis)	13
<b>Prueba 4</b>	
10. Mezcla 50% etanol y 50% metanol	21
11. Mezcla de 50% etanol y 50% metanol + 0.05 g de cafeina pura	20
12 Mezcla de 50% etanol y 50% metanol + 1 g de café oro molido (T10 =T11=T12 según prueba Kruskal wallis)	20

**Experimento 2:**

Los resultados de la evaluación de las diferentes difusiones de la mezcla, provocadas con diámetros de orificio en el difusor de 2 mm, 4 mm y 6mm provocaron aproximadamente la misma atractividad. Conviene utilizar la menor (0.22

Los resultados demuestran que la mezcla etanol-metanol es un excelente atrayente para capturar broca, tiene mas eficacia que el metanol solo y la proporción que resultó mejor fue de 50/50. La cafeína, ni el café molido agregado a la mezcla provocan incremento en la captura.

ml/día = orificio de difusor de 2mm.

**Experimento 3:**

**Prueba 1.** Los modelos de trampas 1A y 1B combinándolos con difusor trasparente y tapadera negra, difusor rojo no presentaron

diferencias en la captura de broca y el modelo 2A permite mayor captura porque tiene mayor área que 1B.

atractividad y solos no mostraron ningún afecto de atractividad de la broca.

**Experimento 4:**

En la evaluación de a pinene o limonene agregados a la mezcla de etanol-metanol ninguno de los dos modificaron el nivel de captura; sin embargo, la difusión separada provoca un incremento de la

**Experimento 5:**

La utilización de 8, 12 y 16 trampas en 3,000 m<sup>2</sup> la eficacia del trampeo es igual; pero se reduce a la mitad al utilizar 4 trampas. Por consiguiente la cantidad óptima fue de 8 trampas por 3,000 m<sup>2</sup>.

**Cuadro 2.** Datos de broca capturada en diferente número de trampas por área (experimento 5), en finca El Espino. El Salvador, 1997.

Tratamientos	Brocas por área y por día
1. 4 trampas en 3000 m <sup>2</sup>	833
2. 8 trampas en 3000 m <sup>2</sup>	1871
3. 12 trampas en 3000 m <sup>2</sup>	1588
16 trampas en 3000 m <sup>2</sup>	2176

**Experimento 1:**

Mayor captura con modelo NPP-JA y el testigo. Mayor captura

con modelo NPP-JA abierto y divisiones.

**Cuadro 3.** Datos de broca capturada en diferentes modelos de trampas (experimento 1), en finca El Espino. El Salvador, 1998.

Tratamientos	Brocas por trampa por día
<b>Prueba 1</b>	
1. con trampa modelo 1B (testigo)	15
2. con trampa modelo NPP-3 <sup>a</sup>	62
3. con trampa modelo NPP-3B	6
4. con trampa modelo "Multipher A"	2
( T2 > T1 > T3 > T4 = T5 según prueba de Kruskal Wallis)	
<b>Prueba 2.</b>	
5. con trampa modelo NPP-3A tapado	8
6. con trampa modelo NPP-3B tapado	3
7. con trampa modelo NPP-3A abierto	9
8. con trampa modelo NPP-3A abierto + divisiones	21
( T8 > T7 = T5 > T6 según prueba de Kruskal Wallis)	

**Experimento 2:**

1. Los resultados de la comparación de difusor picodrop con el difusor vial utilizando la mezcla etanol-metanol (50/50) sola y agregando terpenos 1 y 2 presento mayor captura con mezcla etanol+metanol en difusor (vial) con orificio 2 mm de diámetro, no hubo diferencias significativas. Resultados iguales al anterior.

**Experimento 3.**

Prueba 1. Mayor captura con mezcla etanol-metanol (50/50); difusor 0.18 g/día/testigo relativo, con diferencia significativa.

Prueba 2. No hubo diferencia entre tratamiento con el testigo (etanol+metanol). Prueba 3. Mejor la mezcla etanol-metanol+ terpeno 6 (Cymene)

**Cuadro 4.** Datos de broca capturada en los diferentes tratamientos utilizando como atrayente mezcla de etanol-metanol sola y agregándole terpenos en finca El Espino. El Salvador, 1998.

Tratamientos	Brocas por trampa por día
1. con difusores simples uno con mezcla etanol-metanol y otro difusor con terpeno 1, 2, 3, 4, 5, 6,7,8, 9, 10 y 11 respectivamente	25, 178, 73, 92, 92, 72, 55, 40, 17, 31, 55.
12. Con un difusor simple con mezcla etanol- metanol (T2=T12> T2=T3=T4=T5=T6=T7=T8= T9=T10= T11)	128
<b>Prueba 2:</b>	
1. Difusor simple con mezcla etanol-metanol	
2. Difusores simples con mezcla etanol-metanol y terpeno 1	31
3. Difusores simples con mezcla etanol-metanol y terpeno 3	22
4. Difusores simples con mezcla etanol-metanol y terpeno 4 ( T1=T2= T3 =T4 según prueba de Kruskal Wallis )	16 9
<b>Prueba 3.</b>	
5. Difusor simple con mezcla etanol-metanol	
6. Difusores simples con mezcla etanol-metanol y terpeno 2	128
7. Difusores simples con mezcla etanol-metanol y terpeno5	76
8. Difusor simple con mezcla etanol-metanol y terpeno 6 (T5=T6=T7=T8 según prueba de Kruskal Wallis )	46 209

**Experimento 4:**

Los resultados muestran mayor captura de los 16 - 18 horas del día.

**Cuadro 5.** Datos de broca capturada en diferentes horas del día en finca El Espino. El Salvador, 1998.

Tratamientos	Brocas por trampa por día
1. 8 a 10 horas	1
2. 10 a 12 horas	6
3. 12 a 14 horas	245
4. 14 a 16 horas	382
5. 16 a 18 horas	1345
6. 18 a 20 horas	12
(T5 > T4 = T3 > T6=T2=T1)	

**Ensayo 2.** Evaluación preliminar de la eficacia del trapeo en el período de post-cosecha, utilizando la trampa "1B"

Los resultados de las primeras réplicas de este ensayo (1998 y 1999) que se realizaron con uno de los primeros modelos de trampa que eran promisorios mostraron una eficacia no muy satisfactoria; ya que se realizaron con trampas experimentales, sin ningún perfeccionamiento técnico. Por otro lado, se ha observado que la dinámica de los vuelos de migración puede variar cada año y por lo tanto puede modificar el efecto del trapeo. Se obtuvo una eficacia con la trampa "1B" de 50.68% donde se utilizó mezcla de alcoholes y los terpenos pinene y limonene y de 34.79% donde se utilizó solo la mezcla de alcoholes

**Ensayo 3.** Estudio del espectro de acción de los diferentes complejos atractivos utilizados en el trapeo de broca.

El trapeo de broca utilizando como atrayentes la mezcla de alcoholes solos o combinados con terpenos como pinene, limonene, mycene y linalol no presentó alto efecto atractivo para otras especies de insectos, en especial benéficos y la captura de otros insectos fue baja y se debió a la búsqueda de agua por éstos, la única especie benéfica capturada fue *Crisopa* sp. en un promedio de 0.1 por trampa en el período de trapeo.

En 1999 se obtuvieron los siguientes resultados.

**Experimento 1.** Los arreglos de los tratamientos en línea, círculo, al azar no parecen afectar el comportamiento de la broca, la que se orienta hacia el atrayente que más la atrae, ya que no hubo diferencia significativa en la captura de broca obtenida en las diferentes distribuciones.

**Experimento 2.** Con relación a difusores los de mecha de cerámica no presentaron mejor efecto que los simples (vial con orificio) y aun-



que no hubo diferencia significativa entre tratamientos, numéricamente el vial con mayor diámetro

de orificio (3.5 mm) presentó mayor captura.

**Cuadro 6.** Datos de broca capturada utilizando dos tipos de difusores con diferente nivel de difusión en finca El Espino. El Salvador, 1999.

Tratamientos	Brocas capturadas/trampa/día
1. Difusor simple (difusión 0.211 g/día de etanol-metanol)	327
2. Difusor NPP (difusión 0.473 g/día de etanol-metanol)	183
3. Difusor simple (difusión 0.211 g/día de etanol metanol + 0.003 g/día de terpeno)	265
4. Difusor NPP (difusión 0.187 g/día de etanol-metanol + 0.003 g/día terpenos)	83
(T1 > T2 = T3 > T4 según prueba de Kruskal Wallis )	
1. Difusor simple (difusión 0.124 g/día = 0,5 mm de diámetro)	562
2. Difusor simple (difusión 0.204 g/día = 2.2 mm de diámetro)	682
3. Difusor simple (difusión 0.347 g/día = 3.5 mm de diámetro)	1039
4. Difusor NPP, difusión 0.132 g/día	606
(T1 = T2 = T3 = T4 según prueba de Kruskal Wallis )	

Experimento 3 y 4. En relación con el efecto sinérgico de los terpenos sobre la atracción de la broca, ni la composición, ni la dosis permitió demostrar efecto positivo de las formulaciones probadas, las cuales fueron terpenos en diferentes niveles de difusión agregados a la mezcla de etanol-metanol.

Experimento 5. Se evaluó el efecto de captura de broca de las trampas "1B", "2A" y "PROCAFE99" y el modelo de trampa "PROCA-

FE99" presento un nivel de captura hasta 20 veces mas con respecto a la trampa modelo "1B" y 60 veces mas con respecto de la "2A"

Experimento 6. De acuerdo a los resultados en condiciones de campo el color rojo es el que más atrae a la broca, por lo que su uso se puede contemplar como atrayente visual para reforzar el efecto atractivo del olor de la mezcla de alcoholes.

**Cuadro 7.** Datos de broca capturada en trampas "1B" con diferentes colores de tapadera, en finca El Espino. El Salvador, 1999.

Tratamientos	Brocas capturadas por trampa y por día
1. Trampa 1B con tapadera blanca	50
2. Trampa 1B con tapadera roja	290
3. Trampa 1B con tapadera amarilla	103
4. Trampa 1B con tapadera negra	96
(T2 > T3=T4=T1 según prueba de Kruskal Wallis )	

**Las hembras de *Hypothenemus hampei***, aptas a la oviposición y saliendo de las cerezas donde nacieron, tienen un comportamiento de búsqueda de nuevos hospederos. Este comportamiento está generado por la atracción que provocan las sustancias volátiles elaboradas por las cerezas de café (5, 6, 7,8). En situación de libre elección, las hembras se orientan hacia las cerezas maduras (rojas), dejando las cerezas inmaduras (verdes) (5). Los análisis físico-químicos de las sustancias volátiles que producen las cerezas durante las diferentes etapas de su evolución fenológica, permitieron identificar varios alcoholes y numerosos

terpenos. Estas sustancias, las producen más las cerezas rojas que las verdes (6).

**Experimento. 7.** Las pruebas comparativas con dos antisépticos y preservantes, agregados al agua (líquido de captura) en el recipiente de captura revelan que estos químicos por su olor pueden reducir el potencial atractivo de la trampa, ya que presentaron menor captura de broca que donde se utilizó sólo agua..

**Experimento 8.** La evaluación de la altura de colocación de la trampa demostró que la posición a 1.20 metros es significativamente mayor que la captura de broca a 0.40m.

**Cuadro 8.** Datos de broca capturada en trampas colocadas a diferentes alturas en el café. Finca El Espino, El Salvador, 1999.

Tratamientos	Brocas s por trampa y por día
1. Altura 0.40 metros de trampa 1B	5
2. Altura 1.20 metros de trampa 1B	19
3. Altura 0.40 metros de trampa PROCAFE	329
4. Altura 1.20 metros de trampa PROCAFE	1017
(T4 >T3 y T2>T1 según prueba de Kruskal Wallis )	

**Validación del trampeo de broca.**

Los resultados preliminares en la validación del trampeo de broca se presentan a continuación, habien-

do obtenido capturas promedio por trampa en las diferentes fincas de 1298 a 77449 brocas, entre el 12 de abril al 30 de junio del presente año.

**Cuadro 9.** Broca capturada en las trampas en las diferentes fincas del 12-13 abril hasta 19 de junio 2000, en El Salvador.

Nombre de la finca	Total de Brocas	Brocas por trampa
1. Fca. El Zapote (Región occidental)	907632	12606
2. Fca. Las Lajas (Región occidental)	172872	2401
3. Fca. San Pablo (Región occidental)	249696	3468
4. Fca. Atocha (Región occidental)	228024	3167
5.Fca. Sta. Laura (Región occidental)	117144	1627
6. Fca. Lutecia (Región Central)	4034304	56032
7. Fca La Carbonera (Región Central)	5576328	77449
8. Fca La Magdalena (Región Central)	2518488	34979
9.Fca San Benito (Región Central)	154440	2145
10. Fca, La Codorniz (Región Central)	732528	10174
11. Fca. Las Lomitas (Región Oriental)	93384	1297
12. Fca. Santa Ana (Región Oriental)	760320	10560
13. Fca. La Esperanza (Región Oriental)	525456	7298
14. fca. Los Humos (Región Oriental)	555480	7715
15. Fca. Los Angeles (Región Oriental)	898200	12475

**CONCLUSIONES**

Los resultados obtenidos en este trabajo constituyen una etapa importante para la elaboración de un método de trampeo masivo de broca.

Se obtuvo un prototipo de trampa "PROCAFE" que sirvió para la creación de la trampa comercial BROCAPÔ.

La distribución de las trampas en el cafetal debe ser homogénea y sistemática con el fin de optimizar su abundancia por área y garantizar un nivel de captura elevado. La distancia máxima entre dos trampas de tipo « 1B » sobre una mis-

ma línea o rango de cafetos es de 20 m aproximadamente.

**Método :** Los resultados muestran que el establecimiento de las trampas se debe realizar antes de la primera lluvia significativa, por lo general cayendo durante el mes de marzo en la región estudiada, con la condición que la broca este lista para migrar. En el transcurso del trampeo es recomendable cosechar periódicamente los insectos capturados, destruirlos, cambiar el liquido de captura, y verificar el nivel del atrayente. Las migraciones se paran normalmente cuando se termina la estación lluviosa. Por

lo tanto, resulta inútil de continuar el trapeo hasta el mes de junio.

### La trampa BROCAPÔ

La trampa, cuya estructura reúne todos los parámetros favorables a una captura eficiente. El modelo BROCAPÔ elaborado de esta manera y ya fabricado industrialmente presenta las siguientes características:

- Una abertura única, de diámetro ancho y en forma de embudo, que mejora sensiblemente el aterrizaje de la broca.
- La difusión se hace en el centro y afuera de la trampa, garantizando un mayor radio de acción del atrayente.
- El recipiente de captura fue concebido para retener todas las brocas capturadas, y ahogarlas en el liquido de captura. La transparencia del recipiente permite controlar a simple vista la abundancia de las capturas. La función del desagüe es mantener el misma cantidad de liquido de captura después de una lluvia.



- El color rojo del soporte de difusión y del embudo es un factor importante ya que se demostró que atrae la broca mas que otros colores. El efecto del color se manifestaría solamente durante el acercamiento de la trampa ya que el insecto tendría una visión a corta distancia (Mathieu, 7),
- Para un rendimiento optimo el numero de trampas tendría que ser reducida a 12 por 0.7 ha (7000 m<sup>2</sup>), y no menos de 8 por dicha área.

### Como insertar el trapeo masivo al manejo integrado:

#### 1. Estrategia

El trapeo masivo, como método pasivo tiene como principio de atraer y de capturar la broca cuando esta migrando con el fin de evitar su dispersión y sobre todo, reducir las infestaciones que causan sobre las nuevas fructificaciones. EL periodo de post-cosecha es un momento adecuado para el trapeo porque corresponde a una fase biológica de la plaga durante la cual, esta en dificultad para encontrar su hospedero. Los grandes vuelos de migración son entonces, verdaderas oportunidades para capturar el mayor numero de broca. Los vuelos aparecen con las primeras lluvias y se presentan en forma de picos con una intensidad que disminuye a medida que bajan

las poblaciones residuales, por lo que se puede insertar con las demás alternativas de combate de broca, por ejemplo:

1. Asociación de la cosecha sanitaria y del trapeo
2. Asociación del trapeo y la cosecha de frutos prematuros
2. Compatibilidad con el control biológico

### RECONOCIMIENTOS

Al personal técnico en el área de Protección Vegetal por el interés con que colaboraron en el desarrollo de este trabajo; así también, a los socios de la Cooperativa El Espino por permitir la realización del estudio en su finca

### BIBLIOGRAFIA

- BALACHOWSKY A. S., 1951. La lutte contre les insectes. *Editions Payot, Paris*, 80 p.
- BERTI FILHO E. ET FLECHTMANN C. A. H., 1986. A model of ethanol trap to collect Scolytidae e Platypodidae (Insecta, Coleoptera). *IPEF, Piracicaba, São Paulo*, 34, 53-56.
- DUFOUR B., FRÉROT B. ET GONZÁLEZ M. O. —. Optimisation du piégeage de masse du scolyte du café *Hypothenemus hampei* Ferr. A paraître.
- DUFOUR B., GONZÁLEZ M. O. ET FRÉROT B., 1999. Piégeage de masse du scolyte du café *Hypothenemus hampei* Ferr. (Col. Scolytidae) en conditions réelles : Premiers résultats. *XVIII Colloque ASIC 1999, Helsinki, Finlande*.
- GUTIÉRREZ-MARTÍNEZ A., HERNÁNDEZ-RIVAS S. ET VIRGEN-SÁNCHEZ A., 1995. Efectos de los diferentes extractos de café robusta *Coffea canephora* Pierre ex Froehner sobre la captura de la broca del café *Hypothenemus hampei* Ferrari (Coleoptera : Scolytidae). *In memoria XVI simposio de caficultura latinoamericana, Managua, Nicaragua, oct. 1993, ed. IICA/ PROMECAFE, Tegucigalpa, Honduras*, 2, 7 p.
- LINDGREN B. S., 1983. A multiple funnel trap for scolytid beetles (Coleoptera). *Can. Entomol.*, 115 : 3, 299-302.
- MATHIEU F., 1995. Mécanismes de la colonisation de l'hôte chez le scolyte du café *Hypothenemus hampei* (Ferr.) (Coleoptera : Scolytidae). *Thèse de Doctorat, Université Paris VII*, 134 p + annexes.

- MATHIEU F., BRUN L. O., MARCILLAUD C. et FRÉROT B., 1997. Trapping of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* Ferr. (Col., Scolytidae) within a mesh-enclosed environment : Interaction of olfactory and visual stimuli. *J. Appl. Ent.* 121, 181-186.
- MATHIEU F., MALOSSE C. ET FRÉROT B., 1998. Identification of the volatile components released by fresh berries at different stages of ripeness. *J. Agric. Food Chem.*, 46 : 3, 1106-1110.
- MENDOZA MORA J. R., 1991. Resposta da broca-do-café, *Hypothenemus hampei*, a estímulos visuales e semioquímicos. *Tese Magister Scientiae, Universidade Federal de Viçosa,, Brasil*, 44 p.
- PROCAFÉ, 1996. Evaluación técnica y económica del control de la broca del fruto del café, *Hypothenemus hampei*. *Rapport, Procafé, Nueva San Salvador*, 42 p.

**EVALUACIÓN DE PRODUCTOS BOTÁNICOS  
PARA EL COMBATE DEL NEMATODO LESIONADOR  
*Pratylenchus* sp. EN ESTABLECIMIENTO DE CAFETALES**

*Alfredo Agustín Rivera Menjívar<sup>1</sup>*

*Fabio Bautista Pérez<sup>1</sup>*

*Belisario Ángel Chávez<sup>1</sup>*

*Orlando Orellana<sup>1</sup>*

**RESUMEN**

Con el propósito de determinar si los productos botánicos Aceite Neem a 3.0 ml/pta, Torta Neem a 6.0 g/pta, Semilla molida de Neem a 10.0 g/pta y Nematrol (planta de ajonjolí) a 48.0 g/pta combaten a *Pratylenchus* sp en establecimiento de cafetales se instaló un ensayo en el Centro Tecnológico Cafetalero, Región I, Finca San Antonio, Cantón Las Aradas, Municipio de Santa Ana, Departamento de Santa Ana a 820 msnm, con una temperatura media anual de 22 °C, una humedad relativa media anual de 1650 mm. El ensayo se instaló en un área de 480 m<sup>2</sup> con suelo de textura Arcillo Arenoso (CA); tuvo una duración de agosto de 1996 a diciembre de 1998, la variedad sembrada fue 'Pacas' con un distanciamiento de 2 x 1 metros. El diseño utilizado fue de bloques al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos, los resultados obtenidos mostraron que los productos Aceite Neem a 3.0 ml/pta, Torta de Neem a 6.0 g/pta, Semilla Molida de Neem a 10.0 g/pta y Nematrol a 48.0 g/pta, redujeron las densidades poblacionales *Pratylenchus* sp detectándose diferencias significativas entre los tratamientos, tanto en suelo como en raíces, por lo que se recomienda el producto botánico Neem para la producción de café orgánico (café amigable con la biodiversidad) siempre que se obtenga de plantaciones de Neem cultivadas en las mismas fincas cafetaleras y realizar investigaciones adicionales para definir dosis del producto botánico Neem para ser más eficiente su uso.

---

<sup>1</sup> PROCAFÉ, Final 1ª. Avenida Norte, Nueva San Salvador, El Salvador, C.A. PBX: 288-3088, FAX 228-0669. e-mail: procafe@es.com.sv

El testigo presentó el porcentaje de plantas raquílicas, agotadas y muertas más alto 12.5% y en los tratamientos aplicados el porcentaje osciló de 4.1 a 10.41%.

**Palabras claves:** población de *Pratylenchus sp*, aceite de neem, semilla molida de neem y Nematrol

## INTRODUCCIÓN

El nematodo lesionador del café *Pratylenchus sp.* es una de las plagas limitantes en las plantaciones recién establecidas, ya que al parasitar y alimentarse de las raíces, las plantas se vuelven raquílicas, con falta de vigor y follaje clorótico; las plantas atacadas por este nematodo producen entre 4 y 5 cosechas normales después la producción empieza a disminuir hasta que los cafetos mueren (Castillo, et al, 1979). Tradicionalmente *Pratylenchus sp.* se combate con nematicidas de origen químico sintético; sin embargo, su uso excesivo contamina el ambiente y perjudica la salud humana (Ramírez y Ramírez, 1980; Glynn, 1989); por lo que una de las alternativas de combate es a través de productos de origen botánico como el Neem (*Azadirachta indica*, Juss) que posee propiedades insecticidas y nematicidas, ya que entre sus ingredientes típicos están los triterpenoides llamados también limonoides de los cuales los derivados de *azadirachtina*, *nimbin* y *solannin* son los más importantes

con efectos específicos. Éstos se encuentran mayormente concentrados en las semillas de donde se extrae el aceite.

El *nimbin* y *solannin* causan efectos repelentes y antialimentarios en varios insectos de las órdenes Coleóptera, Homóptera, Heteróptera, Ortóptera y clase Nematoda (National Academy Press, 1992). Herrera, Gaitán y Bijimajers (1991), condujeron un ensayo en invernadero probando el efecto de la Torta de Neem, contra *Meloidogyne sp.* y *Rotylenchus sp.*, este producto mostró un índice de mortalidad de 60 y 80% respectivamente.

Otro producto de origen botánico es el Nematrol, el cual tiene propiedades nematicidas y proviene exclusivamente del ajonjolí (*Sesamun indicum*) una planta oleaginosa. Al utilizar este producto debe ser incorporado dentro del suelo, ya que es activado por la humedad (De León, 1987).

Con el propósito de determinar si los productos botánicos Aceite de Neem, Torta de Neem, Semilla molida de Neem y Nematrol com-



baten a *Pratylenchus* sp. se realizó un ensayo en el Centro Tecnológico Cafetalero de PROCAFÉ en la Región I, Finca San Antonio, Cantón Las Aradas, Municipio de Santa Ana, Departamento de Santa Ana, situado a una altura de 820 msnm suelo arcillo arenoso (CA) con una temperatura media anual de 22°C, humedad relativa media anual de 75% y una precipitación media anual de 1,650 mm. El ensayo se realizó de agosto de 1996 a diciembre de 1998.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se instaló en un área de 480 m<sup>2</sup>, inicialmente se arrancó el cafetal adulto existente y se sembraron plantas de la variedad 'Pacas' con un distanciamiento de 2 x 1 m. Se utilizó un diseño ex-

perimental de bloques al azar con 4 repeticiones y 5 tratamientos que se describen en el cuadro 1. La parcela experimental constó de 12 plantas, siendo las efectivas las 4 centrales.

Antes de aplicar los tratamientos se efectuó un muestreo inicial para determinar la densidad poblacional de *Pratylenchus* sp. en cada parcela experimental. Se colectaron submuestras de suelo de los cuatro árboles efectivos del área de la gotera y se mezclaron, posteriormente se tomó una muestra de 250 g por parcela. La primera aplicación de los productos se realizó en octubre de 1996 en el área de la gotera de cada árbol, dos meses después (diciembre) se hizo un muestreo de la forma antes mencionada para medir el efecto de los productos. Estos muestreos fueron realizados cada dos meses.

**Cuadro 1.** Tratamientos evaluados para el combate de *Pratylenchus* sp., Centro Tecnológico Cafetalero, Finca San Antonio. El Salvador, 1996/1998.

Tratamientos	Nombre comercial	Dosis/planta
T <sub>1</sub> Semilla de Neem	Aceite de Neem	3.0 ml
T <sub>2</sub> Semilla de Neem	Torta de Neem	6.0 g
T <sub>3</sub> Semilla de Neem	Semilla molida de Neem	10.0 g
T <sub>4</sub> Planta de ajonjolí	Nematrol	48.0 g
T <sub>5</sub> Testigo	-----	-----

En los años de 1997 y 1998 se efectuaron dos aplicaciones de los productos, la primera en julio y la segunda en septiembre. El tratamiento Aceite de Neem fue mezclado con agua aplicándose previa cali-

bración del equipo aspersor manual para obtener un gasto de agua de 150 ml/planta. Sin embargo, durante 1998 se colectaron muestras de raíces (por tener las plantas mayor desarrollo), como también se de-

terminó el porcentaje de plantas raquílicas, agotadas y muertas y se estimó el costo de aplicación de cada producto.

Para determinar la población de *Pratylenchus* sp., se tomaron 250 gr de suelo y se utilizó el método de centrifugación - flotación (Coolen y D'Herve, 1972) y para raíces se tomaron 10 g/parcela utilizando el método de incubación en bolsas de polietileno (T. W. Young, 1954, citado por Abrego y Holdeman, 1961).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Población de *Pratylenchus* sp. en suelo

Al inicio del ensayo (oct-dic/96) y en los muestreos realizados durante 1997 a 1998 a pesar de haber observado bajas poblaciones de nematodos se encontraron diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, donde el testigo presentó la mayor población y además se observó que los tratamientos Aceite Neem 3 ml/planta y Nematrol 48 g/pta. presentaron las poblaciones más bajas con relación a los otros tratamientos aplicados (figura 1). Durante el tiempo que

duró el ensayo se observó que en el mes de septiembre se registraron las mayores densidades poblacionales en el testigo y las menores la presentaron los tratamientos Aceite de Neem, Torta de Neem y Nematrol (cuadro 2).

### Población de *Pratylenchus* sp. en raíz

La población de *Pratylenchus* sp. en raíz se determinó solamente en el último año de estudio (1998); debido a que las plantas ya mostraban un sistema de raíces más desarrollado.

Las poblaciones de *Pratylenchus* sp. encontradas fueron mayores que la del suelo y en los cuatro muestreos realizados se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos; donde el testigo presentó la mayor densidad de *Pratylenchus* sp. y el Nematrol la menor población (figura 2). El muestreo en el que se encontró el mayor promedio de nematodos fue el realizado en el mes de agosto, donde el testigo presentó una población de 67.75 especímenes y el menor el Nematrol con un promedio de 18 (cuadro 3).

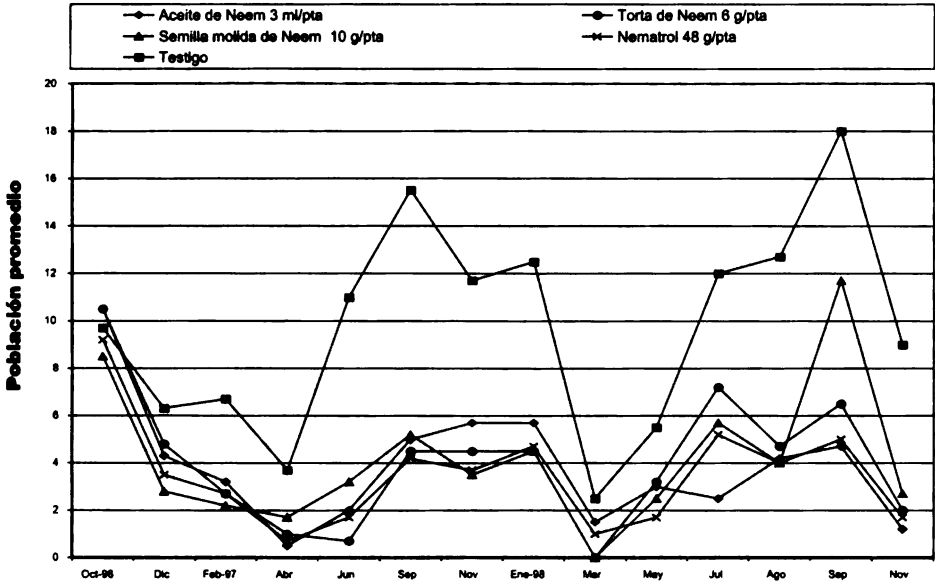


Figura 1. Población promedio de *Pratylenchus* sp en 250 g. de suelo antes y después de la aplicación de productos botánicos. Centro Tecnológico Cafetalero, Región I.

Cuadro 2. Poblaciones promedio más altas de *Pratylenchus* sp. en 250 g de suelo. Centro Tecnológico Cafetalero Región I, Santa Ana. El Salvador 1997-1998

Tratamientos	Dosis/planta	Septiembre	
		1997	1998
Aceite Neem	3.0 ml	5.0 A	6.50 A
Torta de Neem	6.0 g	4.5 A	4.75 A
Semilla molida de Neem	10.0 g	5.2 A	11.75 A
Planta de ajonjolí	48.0 g	4.2 A	5.00 A
Testigo	-.-	15.5 B	18.00 B

Datos con igual letra no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad.

Las poblaciones de *Pratylenchus* sp fueron más altas en raíces que en el suelo debido a que éste es un

nematodo endoparásito migratorio y móvil (Agrios, 1989; Anzueto, 1993; Christie, 1969).

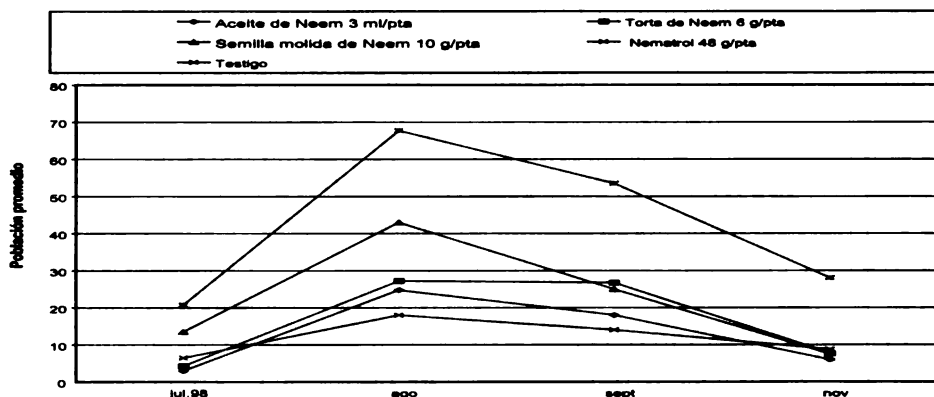


Figura 2. Población promedio de *Pratylenchus* en 10 g de raíces, antes y después de la aplicación de botánicos. Centro Tecnológico Cafetalero, Región I, Santa Ana. 1998.

Cuadro 3. Población promedio más alta de *Pratylenchus* sp. en 100 g de raíz. Centro Tecnológico Cafetalero, Región I, Santa Ana. El Salvador 1998.

Tratamientos	Dosis/planta	Agosto
1. Aceite Neem	3.0 ml	24.75 A
2. Torta de Neem	6.0 g	27.25 A
3. Semilla molida de Neem	10.0 g	43.00 A
4. Planta de ajonjolí	48.0 g	18.00 A
5. Testigo	--	67.75 B

Datos con igual letra no difieren estadísticamente, según prueba de Duncan al 0.05% de probabilidad.

Con las aplicaciones de los tratamientos botánicos se redujeron las poblaciones de *Pratylenchus* sp. Esta reducción se debe a que estos productos tienen la característica de ser repelentes y antialimentarios (National Academic Press, 1992); observándose más la reducción en raíces, lo cual concuerda con Herrera, Gaitán y Bijimajers, que mencionan que la Torta de Neem mostró un índice de mortalidad de 60 y 80% contra los nematodos *Meloidogyne* sp. y *Rotylenchus* sp. Al final del ensayo se determinó el porcentaje de plantas raquílicas, agotadas y muertas, encontrándose

se que el Aceite de Neem y el Nematrol presentaron los porcentajes más bajos con 4.1 y 6.25 respectivamente (figura 3), lo que nos indica posiblemente el efecto de la aplicación de dichos productos sobre la población de *Pratylenchus* sp.

Los productos botánicos reducen las poblaciones de nematodos, pero son alternativas costosas, ya que dichos productos comercialmente tienen un precio elevado, lo que no les permite competir con los productos químicos convencionales. Los costos por aplicación en 3,500 plantas (1 mz) son los siguientes:

Aceite de Neem  $\text{€}2,625.00$ , Torta de Neem  $\text{€}1,855.00$ ; Semilla molida de Neem  $\text{€}3,570.00$  y Nematrol  $\text{€}5,075.00$ . Para reducir los costos de aplicación de los productos botánicos, el caficultor debería sembrar árboles de Neem en sus fincas, para obtener la materia prima.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones de campo en que se llevó el estudio se puede concluir:

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos, tanto en suelo como en raíces.

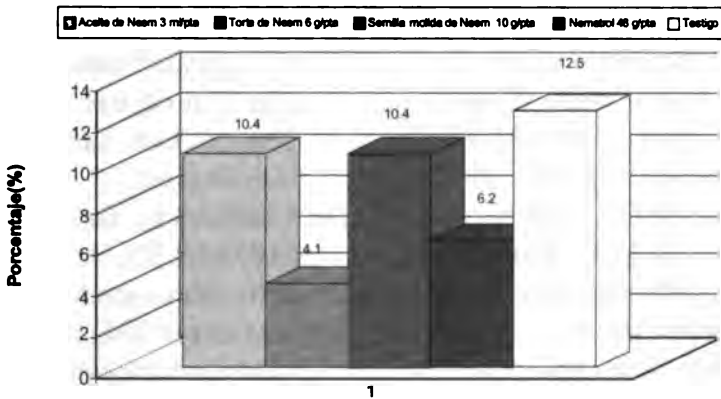


Figura 3. Porcentajes de plantas raquíticas, agotadas y muertas en ensayo sobre evaluación de productos botánicos. Centro Tecnológico Cafetalero, Región I, Santa Ana. 1998.

Todos los tratamientos aplicados presentaron menores poblaciones de *Pratylenchus* sp. con relación al testigo, siendo el Nematrol el que mostró la más baja población.

Los tratamientos Aceite de Neem y Nematrol presentaron los menores porcentajes de plantas raquíticas, agotadas y muertas.

Los costos de aplicación de los productos botánicos resultaron elevados.

La aplicación de los productos no causó fitotoxicidad a las plantas.

## RECOMENDACIONES

Se recomienda el producto botánico Neem para la producción de café orgánico y café amigable con la biodiversidad, siempre que se obtenga de plantaciones de Neem cultivadas en las mismas fincas cafetaleras.

Realizar investigaciones adicionales para definir dosis del producto botánico Neem para hacer más eficiente su uso, así como con tallos de la planta de ajonjolí para

evaluar su efectividad, abaratar costos respecto al producto comercial y para producir en el país este interesante nematocida natural.

## BIBLIOGRAFÍA

- ABREGO, L.; HOLDEMAN, Q .  
L. 1961. Nematodos del café en El Salvador (Informe de Progresos). SUT.
- AGRIOS, G.N. 1989. Fitopatología, trad. por Manuel Guzmán Ortiz. 2 ed. Editorial Limusa, México, p 668.
- ANZUETO, F. 1993. Etude de la resistance du cafeir (*Coffea* sp.) a *Meloidogyne* sp. et *Pratylenchus* sp. These Docteur. Fra. Laboratoire de Nematologie. CIRAD. IAFA. Service de Genetique CIRAD, Montpellier, France. p 85.86.
- CASTILLO PONCE, G.; REGALADO ORTIZ, A.; RUIZ BELLO, R. 1979. Nematodos parásitos del cafeto. Tecnología cafetalera mexicana. 30 años de investigación y experimentación. Instituto Mexicano del Café. México, p 151.
- CHRISTIE, J. R. 1959. Plant nematodes. Their bionomics and control agricultural experiment stations, University of Florida. Gainesville, Florida U.S.A. p 114-115.
- COOLEN, W. A.; D'HERVE. 1972. A method for the quantitative extraction of menatodes from plant tissue. State Agricultural Research Center. Ghen. Belgium 77 p.
- DELEÓN, J. 1987. Botánica de los cultivos tropicales. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. p 161.
- GLYNN, M. 1989. Water threar prompts California scientists to urge ban on use of aldicarb. The packer, Los Angeles, U.S.A. p 62.
- HERRERA, I.; GAITÁN, M.; BIJIMAJERS, H. 1991. Efecto de Nim (*Azadirachta indica*) Curater 10 G (Carbofurán) y temperaturas sobre las poblaciones de *Meloidogyne* sp., *Rotylenchus* sp. en tomate (*Lycopersicum esculentum*) a nivel de invernadero. In Resúmenes de III. Encuentro mesoamericano de agricultores orgánicos. El Salvador. p 62.
- NATIONAL ACADEMY PRESS. 1992. NEEM a tree for solving globals problems. National Academy Press, Washington, D.C. 141 p.
- RAMÍREZ, A. L.; RAMÍREZ, C. M. 1980. Esterilidad masculina causada por la exposición laboral al nematocida 1, 2. Dibromo-3 Gloropropano. ACT. MET. Cost 23 (3): 219-222

**'CORCHOSIS' OF COFFEE IN COSTA RICA:  
A COMPLEX DISEASE  
CAUSED BY *Meloidogyne Arabicida* y *Fusarium Oxysporum*.**

B. Bertrand,<sup>1a</sup>,  
Nuñez,<sup>1</sup>,  
A. Araya,<sup>1</sup>

**ABSTRACT**

Coffee 'corky-root' disease, also called 'corchosis', was first detected in 1974 in a small area of Costa Rica where the root-knot nematode *Meloidogyne arabicida* is the dominant species. An epidemiological study revealed a constant *Meloidogyne* spp-*Fusarium* sp association in case of 'corky-root'. In parallel, there are apparently no cases of 'corky-root' reported in association with *Meloidogyne exigua*, which is the prevalent root-knot nematode on coffee in Costa Rica. The *Fusarium* spp. fungi are often cited as components of 'disease complexes' in association with nematodes. Combined inoculations of *M. arabicida* or *M. exigua* and *Fusarium oxysporum* under controlled conditions showed that only the combination *M. arabicida* with *F.oxysporum* can induce 'corky-root' symptoms on the roots of *C. arabica* cv. Caturra or cv. Catuai. *F. oxysporum* alone was nonpathogenic. *M. exigua* or *M. arabicida* alone induced galls and reduction in shoot height but did not induce any 'corky-root' symptoms. Coffee varieties susceptible and resistant to *M. arabicida* were studied under field conditions for five years. All of the susceptible varieties exhibited corky-root symptoms on 40-80% of their root-systems. The resistant varieties which were resistant to *M. arabicida* but not to *M. exigua* did not show any corky-root development. These observations lead to the conclusions that 'corky-root' disease has a complex etiology and emphasizes *M. arabicida*'s dominant role as a predisposing agent to subsequent *F. oxysporum* invasions. Consequently, genetic resistance to *M. arabicida* appears to be an effective strategy against 'corky root' disease.

---

<sup>1</sup> PROMECAFE, Programa Cooperativo Regional Para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura/  
Centre de Coopération Internationale en Recherches Agronomique pour le Développement, Département des  
Cultures Pérennes (CIRAD CP), BP 5035, 34032, Montpellier Cedex, France.

<sup>1a</sup> To whom correspondence should be addressed

B. BERTRAND, IICA, Apdo postal 55, 2200, Coronado, San José, Costa Rica, tel-fax: (506) 225 98 94, e-mail:  
bertrand86@hotmail.com

**Key words:** coffee, corchosis, *Meloidogyne arabicida*, *Fusarium oxysporum*.

## INTRODUCTION

In Costa Rica, the predominant root-knot nematode present on coffee roots is *Meloidogyne exigua* (Figueroa, 1984; Flores & López, 1989; Villain *et al.*, 1999). Although this species is generally highly abundant, it is apparently unable to cause severe damage to plants in field conditions (Bertrand *et al.*, 1999). In 1974, a syndrome called 'corchosis' was detected for the first time at the "Hacienda Juan Viñas," in the Cartago coffee province of Costa Rica (López & Salazar, 1989). Diseased plants showed a progressive decline starting with leaf chlorosis, followed by the fall of flowers and fruits and eventually leading to plant death in 2-4 years. The root systems of the diseased plants showed reduced growth and many galls leading to an extensive development of corky tissue on main and secondary roots. A root-knot nematode, associated with the corky tissue galls, was described as *Meloidogyne arabicida* n. sp. (López & Salazar, 1989). Recently, Hernández (1997) showed that *M. arabicida* isolated from coffee roots with 'corky-root' symptoms had a specific esterase phenotype (M1F1). The

*Fusarium* spp. fungi are often cited as components of 'disease complexes' in association with nematodes (Powell, 1971b; Jeffers & Roberts, 1993). A *F. oxysporum* f. sp. was reported to be an important vascular coffee pathogen in Puerto-Rico by Wellman (1954) and Alvarez (1955). This was confirmed by Cardoso (1986) in Brazil. Negrón & Acosta (1989) showed the presence of a disease complex between *F. oxysporum* f. sp. and *M. incognita* in Puerto Rico. The purpose of the present study was to study the interrelationship of *M. arabicida*, *M. exigua* and *F. oxysporum* in the occurrence of coffee 'corky-root' disease and to assess the effectiveness of resistance to *M. arabicida* to control the disease under field conditions.

## MATERIALS AND METHODS

### *Isolation, multiplication and inoculation of nematode populations and fungus isolate.*

One *Meloidogyne* sp. isolate was obtained from a single female extracted from pre-washed coffee roots displaying 'corky-root' symptoms in Hacienda Juan Viñas. A second *Meloidogyne* sp. population was obtained from coffee



trees growing at Barva de Heredia in an experimental plantation at the Instituto del Café (ICAFFE), where no 'corky-root' problems have ever been reported. The nematodes were multiplied on tomato roots (*Lycopersicon esculentum* cv. Nainemor). Hernández (1997) identified the two populations as *M. arabicida* and *M. exigua* respectively. To provide nematode inoculum, 10 weeks old tomato roots were cut with a scalpel into 1-2 cm segments and blended in a Waring blender for 40 s in a 0.5% NaOCl solution (Barker, 1985). The nematode suspension was passed through a 75 µm pore sieve, nested over a 38 µm pore sieve to collect free eggs that were then rinsed abundantly with tap water. The inoculum was applied to the collar of each coffee seedling, using a micropipet, when the plants were 2,5 months old (two pairs of leaves). Nematode inoculum concentration was determined from a 1-ml aliquot. The nematode inoculum dose was 2,000±200 eggs per pot. The isolate of *Fusarium* sp was obtained of diseased coffee trees from Hacienda Juan Viñas, by surface-sterilizing 'corky-root' in 1% sodium hypochlorite for 20 mn, then rinsing in sterile distilled water, and cutting the roots into pieces (2-3 mm in length). To obtain mycelium and conidia for determination and infection test on

plants, *Fusarium* sp colonies were grown on potato dextrose agar (Difco PDA) at 25°C and 12h/12h photoperiod. After purification, the isolates showing *Fusarium* sp. characteristics were studied. Once the mycelium was well developed, it was observed with a scanning electron microscope (SEM). The samples were fixed and dehydrated in a graded series of ethanol up to 100%, then dried further using the Tertbutanol method. The samples were then coated with gold-palladium and mounted on aluminum slides for their observation under a Hitachi-S5+0 SEM. For inoculum, the fungi were grown for 7 days on PDA in Petri dishes. Inoculum suspensions of the fungi were prepared by macerating the contents of one Petri dish in 100 ml of distilled water in a Waring Blender for 5 s. Plants were inoculated with 30 ml of inoculum suspension adjusted to 200,000 spores per mL and dispensed with a pipette. The soil was dug and six inoculations of 5 ml were applied equidistantly around each plant directly to the plants roots.

#### **Experimental design under controlled conditions**

*Coffee arabica* cv. Caturra seedlings at the two cotyledon stage were transferred to 300 mL pots containing a 2:1 mixture of soil and

sand (pH 5.5) which was disinfected beforehand for one hour in a Pasteur oven at 180°C. Interactions between *F. oxysporum*, *M. arabicida* and *M. exigua* were studied under greenhouse conditions. Seven treatments were compared in the experiment : *M. arabicida* alone, *M. exigua* alone, *F. oxysporum* added 4 weeks after inoculation with *M. arabicida*, *F. oxysporum* added 4 weeks after inoculation with *M. exigua*, *F. oxysporum* alone, *F. oxysporum* alone with mechanical root injuries and non inoculated control plants. Mechanical root injuries, 2-4 mm long and approximately 1-2 mm deep, were inflicted to the tap root and fine roots using a sterile scalpel. For all the treatments, there were 25 replicates grouped in one block. The seven blocks were separated 2 meters from each other to avoid cross contamination. Nine months after inoculation the plants were removed from the pot, the roots were washed free of soil and measurements were made of height (from soil level to the seedling apex), fresh shoots and root weight. Corky-root development was observed on the surface of the root system of each plant. The extent of corky-root was recorded using a notation of the percentage of the entire root system. Then the roots were cut into 1-2 cm segments placed into a mist chamber

(Barker, 1985). The nematodes were collected after a 13 days period in 50 mL of water then the juveniles and adults were counted under a stereo microscope from five aliquots of 4 mL. The data presented here are the means per g/roots obtained from 25 plants. Segments of root from all the treatments were fixed for 24 h in a solution containing 1% glutaraldehyde, 2% paraformaldehyde, and 1% caffeine in a 0.2 mM phosphate buffer at pH 7.2. The samples were dehydrated in an Ethanol series (10%, 30%, 50%, 70%, 80%, 90%, 100%, 100%, 1 h each), embedded in 7100 resin (LKB) and cut into 3 mm slices. The slices were then double-stained with PAS (periodic acid-Schiff)-NBB (Naphtol blue-black). Then the slices were examined microscopically to determine the penetration of the fungus and/or nematode.

#### **Experimental design under field conditions**

An experiment was conducted at the Hacienda Juan Viñas, on a field showing severely diseased plants and naturally infected with root-knot nematodes. Hernández (1997) identified a mixed population of *M. arabicida* and *M. exigua*. Cultivar Caturra and Catuai susceptible to *M. arabicida* and *M. exigua* and Ethiopian accessions ET15 and ET25 susceptible to *M. exigua* but resistant to *M. arabicida* (Bertrand

*et al.*, 1995) were used. Eight-month old coffee seedlings were transplanted to the field. There were sixteen trees per variety. The study was laid out in a randomized complete block design with four replicates. Each elementary plot contained four tree/variety without border rows. There were 64 trees in the experiment. Spacing was two meters between rows and one meter between trees of the same row. Fertilization was done with 18 N- 3 P-10 K- 8 Mg-0.5 B nutrient at 500 kg/ha in the first year and 1000 kg /ha of the following years. Additional urea applications of 125 kg the first year and 250 kg the following year. Fungicide treatments consisted of two applications of copper hydroxide (1.5 kg/ha/year) to control foliar rust (*Hemileia vastatrix*). Five years later, the plants were carefully removed to observe their root-system. Root-knot severity of the entire root system was rated by a gall index for each plant. For each secondary root, gall index was rated using the following classification system: class 0= 0 galls, 1= 1-10 galls, 2= 11-30 galls, 3= 31-100 galls and 4= more than 100 galls and a mean was calculated per root system. Corky-root development was recorded using a notation of the percentage of 'corky-root' observed on the entire root system.

### **Analysis of data**

Plant height, shoot weight, root weights and nematode number per g/roots for the first experiment were statistically analyzed by a one-way ANOVA and compared using least significance difference test (LSD) at  $P=0.05$ . In the field experiment gall index was statistically analyzed by a two-way ANOVA and compared using least significant difference test (LSD) at  $P=0.05$ .

## **RESULTS**

### **Fungus identification**

The mycelium developed in the Petri dishes presented a violet to pale slate color. Microscopic observations revealed ellipsoidal to allantoidal shaped microconidia which formed on the hyphae. The chlamydospores were terminal or intercalary on short lateral branches. The macroconidia composed of three septate was typical of an *F. oxysporum* spore. They were falcated to almost straight and tended to be pointed or tapered at each end, such as the "Elegans" type which are characteristic of *F. oxysporum* (Booth, 1971).

### **Experiment under controlled conditions**

Detailed plant observations did not show any evidence of vascular

damage in the plants inoculated with the fungus alone, with and without mechanical injuries, and there was not significant difference between these and the non inoculated control plants in terms of root and shoot growth (Table 1). Histological sections did not reveal any evidence of fungus penetration. Significant differences regarding shoot heights and root weights were observed when comparing plants inoculated with the nematodes to the non inoculated plants. The inoculated plants showed a significant reduction in shoot height and higher root weights. In contrast, there were no significant differences in plant development between the plants inoculated with *M. exigua* or *M. arabicida*. (Table 1). *M. exigua* induced the development of coalescent galls (up to 7 mm diameter) which enclosed several females with their egg masses inside the tissues. In contrast *M. arabicida* induced small spherical galls (1-3 mm diameter) which included only one female with a protruding egg mass. These two types of symptoms were associated with a slight decrease in the shoot vigor and an increase of the root weight (Table 1). Inoculation of *F. oxysporum* 4 weeks after nematode inoculation did not induce any significant difference of shoot and root weights as compared to plants inoculated by nema-

todes alone. Typical 'corky-root' symptoms were observed only in plants inoculated with the combination of *F. oxysporum* and *M. arabicida*. All plants inoculated with *F. oxysporum* added four weeks after *M. arabicida* showed scattered 'corky-root' symptoms on 9-10% of the root system. Transverse sections of 'corky-root' infected roots showed an invasion of mycelium inside the parenchymal cells, but without evidence of a stronger presence near to the site of the nematode. Any other combination of pathogens did not induce any 'corky-root' symptoms and histological sections did not reveal any evidence of fungus penetration.

#### **Experiment under field conditions**

During the five years in the field all the Caturra and Catuai plants showed a progressive decline leading to a 25% mortality while ET25 and ET15 did not show decline symptoms and the mortality for these two varieties was 6.25%. The Caturra and Catuai varieties had a root system with several short pseudo-tap roots (40 to 50 cm length) and dense primary roots but presented an important destruction of the absorbent roots. On the other hand, the Ethiopian coffee had two or three tap roots (60 to 80 cm length) with a lower density of primary roots but with more ab-

sorbent roots. All the Caturra and Catuai plants showed corky-roots symptoms on their root systems, respectively 63% and 46% of corky-root symptom. The two Ethiopian accessions did not present any corky-root symptoms. However, they presented the same gall index (3.1 to 3.5) as Caturra and Catuai cultivars (respectively 3.2 and 3.1).

## DISCUSSION

Over the past two decades, considerable attention has been given to parasitic nematodes in coffee in Latin America (Campos *et al.*, 1990). Root knot nematodes are the most common and several species are considered as serious parasites of coffee. In many crops, root-knot nematodes are associated with soil borne fungi in disease complexes that cause severe damage. The present study showed that the *M. arabicida* and *F. oxysporum* association plays a key role in the etiology of 'corky root' disease, present in Costa Rica.

Single inoculation of *M. arabicida* and *M. exigua* caused root galling and a significant reduction in aerial growth. The unexpected increase in root weight when nematodes were present may be due to the higher level of galling. In any case, there was no appearance of 'corky-

root' symptoms when nematodes were inoculated alone. The inoculation of *F. oxysporum* alone even with mechanical injuries did not result in fungus penetration into roots and did not cause any damage nor any 'corky root' symptoms to the coffee plants. A different situation was observed by Negrón & Acosta (1989) and by Pérez (1997) with the vascular pathogen *F. oxysporum* f.sp. *coffae* strain that was able to alter the normal translocation of water and nutrients in coffee plants. In the present study, only the plants inoculated with the combination of *M. arabicida* and *F. oxysporum*, displayed 'corky-root' symptoms. Powell (1971a) suggested that in a tobacco disease involving *M. incognita* and some other soil-borne fungi, the nematodes modify the internal physiology of the plant allowing a better establishment of the fungus. In the *M. arabicida*/*F. oxysporum* association, the nematode *M. arabicida* would be regarded as a primary pathogen which predisposed the host to superinfection by *F. oxysporum*. However, in this study it was confirmed that 'corky-root' disease cannot develop from the association of *F. oxysporum* and *M. exigua*, which is the prevalent nematode in Costa Rica. The fungus was not able to invade *M. exigua* infected tissues. This proves

that the interaction is quite complex and likely specific. This may explain the low damage to plants observed with this nematode in Central America (Villain *et al.*, 1999). The field study confirmed that the interaction between *M. arabicida* and *F. oxysporum* could be specific. While susceptible cv. Caturra and Catuai developed characteristic 'corky-root' symptoms, Ethiopian ET25 and ET15, which are resistant to *M. arabicida* but not to *M. exigua*, did not develop any symptoms. Similar results were obtained with cotton where superior performances of some genotypes resulted from their resistance to *M. incognita* which helped to prevent the development of *F. oxysporum* (Hyer *et al.*, 1979). It would be interesting to clarify why *M. exigua* did not predispose the roots infected to subsequent invasion by *F. oxysporum* in contrast with *M. arabicida*. Perhaps the ability of *M. arabicida* to form egg-mass outside the roots with peridermic disruption can help to explain the predisposition to superinfection by *F. oxysporum*. The determination of *M. arabicida* as primary 'corky-root' pathogen should direct breeding programmes to resistance to *M. arabicida*. The results obtained after five years of evaluations under field conditions of resistant coffee allow for the assumption that nematode resistance can

be an efficient method to control 'corky-root' disease.

## REFERENCES

- Alvarez GLA, 1955. Studies on coffee root disease in Puerto Rico. *Journal Agriculture University of Puerto Rico* 29, 1-29.
- Barker KR, 1985. Nematode extraction and bioassays. In: Barker KR, Carter CC, Sasser JN, eds. *An advanced treatise on Meloidogyne. Vol. II Methodology*. North Carolina State, USA: University of State North Carolina, 19-32.
- Bertrand B, Anzueto F, Peña M, Anthony F, Eskes A B, 1995. Genetic improvement of coffee for resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* sp) in Central America. Proceedings of the XVI Scientific colloquium on coffee, ASIC, 1995. Kyoto, Japan: ASIC, 630-636
- Bertrand B., G. Aguilar, R. Santacreo & F. Anzueto, 1999. El mejoramiento genético en América Central. In: Bertrand B, Rapidel B, eds. *Los desafíos de la caficultura en Centroamérica*. San José, Costa Rica: IICA, CIRAD Publishers, 407-456.
- Booth C, 1971. *The genus Fusarium*. Kew, Surrey, En-

- gland: Commonwealth Mycological Institute, 237p.
- Cardoso RML, 1986. Ocorrência da murcha vascular do cafeeiro (*Coffea arabica*) no estado do Paraná-Brasil, induzida por *Fusarium oxysporum* f.sp. *Coffeae*. *Fitopatologia Brasileira* 11, 753-760.
- Campos VP, Sivapalan P, Gnanapragasam NC, 1990. Nematode parasites of Coffee, Cocoa and Tea. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J, eds. *Plant parasitic nematodes in subtropical and Tropical agriculture*. Wallingford, United Kingdom: C.A.B. International, 387-430.
- Figuroa AM, 1984. Nemátodos del Cafeto. In: Carvajal JF, eds. *Cafeto, cultivo y fertilización*. Berna, Suiza: Instituto Internacional de la Potassa, 128-133.
- Flores L, Lopez R, 1989. Caracterización morfológica del nematodo noulador del cafeto *Meloidogyne exigua* (Nematoda:Heteroderidae). I. Hembras y huevos. *Turrialba* 39, 352-360.
- Hernández A, 1997. Etude de la variabilité intra et interspécifique des nématodes du genre *Meloidogyne* parasites des caféiers en Amérique Centrale. Montpellier, France. Académie de Montpellier II, PhD tesis.
- Hyer AH, Jorgenson EC, Garber RH, Smith H, 1979. Resistance to root-knot nematode in control of root-knot nematode-*Fusarium* wilt disease complex in cotton. *Crop Science* 19, 898-901.
- Jeffers DP, Roberts PA, 1993. Effect of planting date and host genotype on the root-knot nematode-*Fusarium* wilt disease complex of cotton. *Phytopathology* 83, 645-654.
- López R, Salazar L, 1989. *Meloidogyne arabicida* sp.n (nematoda:Heteroderidae) nativo de Costa Rica: un nuevo y severo patógeno del cafeto. *Turrialba* 39,313-323.
- Negrón JA, Acosta N, 1989. The *Fusarium oxysporum* f.sp. *Coffeae-Meloidogyne incognita* complex in 'Bourbon' coffee. *Nematropica* 19,161-168.
- Pérez PG, 1997. Corchosis de la raíz del cafeto y alternativas de manejo .ICAFE eds. Proceedings of XVIII simposio Latinoamericano de caficultura,1997. San Jose, Costa Rica: ICAFE, 271-280.
- Powell NT, 1971a. Disease complex in Tobacco involving *Meloidogyne incognita* and certain soil-borne fungi. *Phytopathology* 61:1332-1337.
- Powell NT, 1971b. Interactions between nematodes and fungi

in disease complexes. *Anual Review of Phytopathology* **9**, 253-274.

Villain L, Anzueto F, Hernández H, Sarah JL, 1999. Los nematodos parasitos del cafeto. In: Bertrand B, Rapidel B, Eds. *Los desafios*

*de la caficultura en América Central*. San José, Costa Rica: IICA, CIRAD Publishers, 327-367.

Wellman M, 1954. *Fusarium oxysporum* Shl. f. sp. *coffea*. In: Annual meeting abstracts *Phytopathology* **44**, 509.



**Table 1:** Effects of single and combined inoculations of *Meloidogyne arabicida* or *M. exigua* and *Fusarium oxysporum* on growth, nematode infection and occurrence of 'corky-root' symptoms on *C. arabica* cv Caturra.

	Non-inoculated	<i>F. oxysporum</i>	<i>F. oxysporum</i> +mechanical injuries	<i>M. exigua</i>	<i>M. arabicida</i>	<i>M. exigua</i> + <i>F. oxysporum</i> *	<i>M. arabicida</i> + <i>F. oxysporum</i> *	P	LSD (0.05)
<b>Plant height (cm)</b>	26.6 a	26.2 a	26.1 a	23.3 b	23.6 b	22.9 b	22.5 b	<0.05	1.3
<b>Shoot weight (g)</b>	18.2 a	17.8 a	17.7 a	14.1 b	14.2 b	13.9 b	14.2 b	<0.05	1.6
<b>root weights (g)</b>	14.8 b	14.6 b	13.9 b	17.8 a	16.5 a	18.0 a	15.2 ab	<0.01	0.9
<b>Juvenile nematode number (g/root)</b>	0	0	0	1760	1297	1377	1350	0.56	565
<b><i>F. oxysporum</i> detection in roots</b>	No	No	No	No	No	No	Yes		
<b>Plants with corky-root (%)</b>	0	0	0	0	0	0	100	n.a.	n.a.

**In combined inoculations,** *F. oxysporum* was inoculated 4 weeks after nematodes. Observations were made nine months after first inoculations. P, probability level of ANOVA; LSD, least significance difference at the 5% level of probability for values in a row, n=25. Means followed by the same letter do not differ significantly.



**DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN LETAL ( $CL_{50}$ )  
Y EVALUACIÓN DE CUATRO DOSIS DE  
*Metarhizium anisopliae* PARA EL CONTROL DEL MINADOR  
DEL CAFETO *Leucoptera coffeella***

Oscar G. Campos<sup>1</sup>

## INTRODUCCIÓN

La búsqueda de nuevas alternativas de control de plagas, para diseñar programas de manejo integrado, debe ser motivo de constante actualidad, a fin de proveer a las empresas cafetaleras las herramientas que faciliten ese fin.

La estrategia más prometedor para controlar efectivamente a las plagas, será el diseño de sistemas de cultivo que eviten explosiones de poblaciones, manteniendo sus densidades a niveles inferiores del umbral de daño. El control biológico ayudara en este propósito.

El presente estudio se realizó con el objeto de determinar la Concentración Letal ( $CL_{50}$ ) del hongo *M. anisopliae* sobre larvas del minador de la hoja del cafeto y la evaluación de cuatro dosis para el control de la plaga en plantas de almácigo en condiciones de invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en laboratorio, con bioensayos para determinar la ( $CL_{50}$ ) de *Meatarhizium anisopliae* sobre larvas del minador en condiciones controladas de  $26.2^{\circ} \pm 1$  y humedad relativa de  $82.4 \pm 4\%$ . Se complemento en invernadero con la evaluación de cuatro dosis del hongo, con una temperatura media de  $26.9^{\circ}C \pm 5.5$  y humedad relativa promedio de  $74.6 \% \pm 17$ .

---

<sup>1</sup> Investigador ANACAFE, Guatemala

### Bioensayos

Se aplico la metodología conocida como de papel filtro tratado que se aplica a insectos de talla muy pequeña y delicado manejo. Se evaluaron siete concentraciones del hongo (tabla 1) con 10 repeticiones en un arreglo completamente

al zar, con un tiempo de observación de 14 días, a intervalos entre lecturas de 24 horas. Se seleccionaron larvas de tamaño uniforme y se distribuyeron en grupos de 10 en el interior de cajas Petri sobre papel filtro tratado con 1.025 gr. de solución de las diferentes concentraciones.

**Tabla 1.** Concentraciones de conidias/ml de *M. anisopliae*

TRAT.	CONCENTRACION DEL HONGO		CONCENTRACION CONIDIAS/ml.
	Mg/100 ml agua	%	
1	2.00	0.0020	$1.56 \times 10^5$
2	3.84	0.00384	$2.99 \times 10^5$
3	7.37	0.00737	$2.74 \times 10^5$
4	14.14	0.01414	$1.10 \times 10^6$
5	27.14	0.02714	$2.11 \times 10^6$
6	52.10	0.05210	$4.06 \times 10^6$
7	100.0	0.10000	$7.80 \times 10^6$
8	Testigo	-----	-----

### Evaluación de dosis

Para este estudio se utilizó un vivero de 720 plantas de *Coffea arábica* L. Vr. Caturra de 10 meses, infestadas por el minador, acondicionadas en un arreglo com-

pletamente al azar, con cinco tratamientos y seis repeticiones (Tabla 2). Se realizaron siete lecturas con intervalos de siete días entre estas.

**Tabla 2:** Tratamientos de *M. anisopliae* evaluados

TRATAMIENTO	DOSIS g/ha	CONCENTRACION DE CONIDIAS/ha
1 TESTIGO	----	-----
2	200	$8.19 \times 10^{10}$
3	400	$1.63 \times 10^{11}$
4	600	$2.45 \times 10^{11}$
5	800	$3.27 \times 10^{11}$

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Dosis letal cincuenta (CL<sub>50</sub>)

Se estableció la línea de regresión logaritmo dosis-mortalidad de las diferentes concentraciones de conidias/ml evaluadas. El indicador más importante en este tipo de estudios lo constituye la determinación de la concentración letal que mata el 50% de la población (CL<sub>50</sub>), y así se tiene que la (CL<sub>50</sub>) para la población de larvas se estableció en una concentración de 0.02413% (24.13 mg de *M. anisopliae*/100 ml de agua destilada), que equivale a  $1.88 \times 10^6$  conidias/ml de solución, con una ecuación de regresión para la (CL<sub>50</sub>) igual a:  $Y = 3.6654 + 0.9654X$ .

### Tiempo letal medio (TL<sub>50</sub>)

El tiempo que tomó *M. anisopliae* para esporular el 50% de los cadáveres de larvas del minador, fue de 168 horas (7 días). Esta habilidad de *M. anisopliae* para esporular sobre los cadáveres de *L. coffeella* se considera importante, desde el punto de vista del tiempo empleado por el hongo para esporular el 50% de larvas infectadas.

### Evaluación de dosis : efecto sobre larvas.

Se determinó diferencia estadística entre tratamientos, solamente en la primera lectura post-aplicación (7 días), en donde los tratamientos 2 y 5 fueron superiores, mientras que en las lecturas subsiguientes (14, 21, 28, 35, y 49 días), todas las dosis evaluadas se comportaron estadísticamente iguales

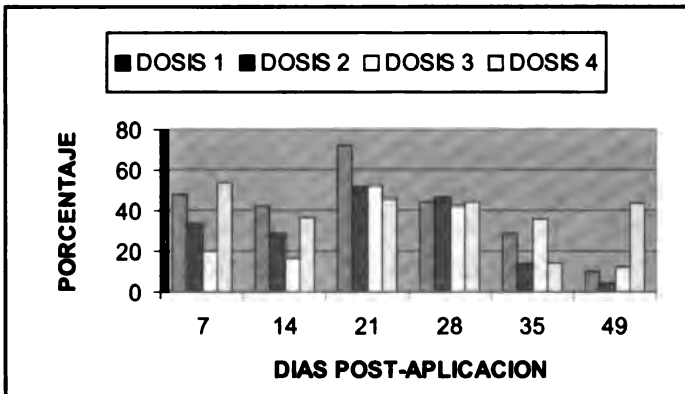


Figura 2. Porcentaje de larvas infectadas para cada dosis y lectura

### Efecto sobre huevecillos

Se estableció el efecto ovicida de *M. anisopliae*, midiendo la población de huevecillos viables de *L. coffeella* presentes en cada lectura. A partir de los 7 días después de la aplicación, todos los tratamientos fueron superiores al testigo, y de los 14 los 49 días, sólo los tratamientos 3, 4 y 5 (400, 600 y 800 gr./ha) mantuvieron diferencia con el testigo, mientras que el tratamiento número 2 (200 gr./ha) se comportó igual al testigo a los 14 y 49 días, debido probablemente a una menor concentración de conidias de *M. anisopliae* existente sobre el área foliar de los cafetos.

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La concentración letal para matar el 50% de larvas ( $CL_{50}$ ) fue de 0.02413%, misma que equivale a 24.13 mg/100 ml de agua con una concentración de conidias de  $1.88 \times 10^6$ /100. El tiempo en que se obtuvo el 50% ( $TL_{50}$ ) sobre los cadáveres de las larvas fue a las 168 horas (7 días).

Las 4 dosis de *M. anisopliae* evaluadas en el invernadero (200, 400, 600 y 800 gr./ha), se comportaron estadísticamente iguales, no así desde el punto de vista económico, donde la dosis de 200 gr./ha (

$8.19 \times 10^{10}$  conidias /ha) superó a los otros tratamientos.

En la medición de la variable huevecillos, se demostró que los tratamientos 3,4, y 5, fueron superiores al testigo, mientras que el tratamiento 2 (200 gr./ha) se comportó igual al testigo a los 14 y 49 días.

Sobre la base de los resultados de este estudio, se plantea la conveniencia de realizar investigaciones en plantaciones comerciales de café, orientadas a validar las dosificaciones evaluadas en este estudio, así como las épocas apropiadas de aplicación, con El propósito de incorporar el control microbiano dentro de las estrategias del Manejo Integrado del Minador (MIN) en la caficultura nacional.

### BIBLIOGRAFÍA

- ALATORRE, R.R. 1990. Control de plagas mediante organismos Entomopatógenos In Memoria Curso Internacional sobre Protección de Cultivos Tropicales. CIES. Tapachula, Chiapas, México. Pp: 74- 78.
- BUSVINE, J. R. 1981. Methodes recommandées pour la mesure de la résistance des Ravageurs aux pesticides. Organisation des Nations Unies pour L'Alimentation et

- L'Agriculture FAO (21) (Rome). 161 p.
- D'ANTONIO, A.M.; PAULA, V. DE. 1979. Estudios preliminares de eficiencia de *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorokin no controle a broca do café. In sétimo congreso brasileiro de pesquisas cafeeiras. Aroxa. MG. (Brasil). Resumos. Instituto brasileiro do cafe. pp:301.
- ESTRADA. R.E. 1991. Control microbiano. Seminario "Manejo y uso de plaguicidas en Actividades Agrícolas". COGAAT. Alta Verapaz, Guatemala 10p.
- SERRA, J., R.M.; BERTONE, M., A.F.; POSSO, R.P. y CALAFIORI, M.N. 1982. Eficiencia do *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok no controle do Bichomineiro, *Perileucoptera coffeella* (Guerin-Meneville 1842). Ecosystema (Brasil). 7: 117-119.
- VILLACORTA, A. 1983. Ovicidal activity of *Metarhizium anisopliae*, isolate. CM-4 on the coffee leafminer *Perileucoptera coffeella* (Lepidoptera-Lyonettidae). Entomophaga 28 (2): 179-184.





## **CARACTERIZACION DEL GRILLO INDIANO DEL CAFE (*Paroecanthus* spp. Sauss. Orthoptera: Gryllidae) Y ACCIONES PARA EL MANEJO DEL INSECTO**

*Mario Roberto Padilla R.<sup>1</sup>*

*Harold Wiston Rodriguez<sup>2</sup>*

### **RESUMEN**

Caracterización del grillo indiano del café (*Paroecanthus* spp. Sauss. Orthoptera: Gryllidae) y acciones para el manejo del insecto. El presente trabajo tiene como objetivo hacer una caracterización de los daños del grillo indiano, distribución geográfica, enemigos naturales, hospederos e importancia económica y dar a conocer los avances de las acciones efectuadas para el manejo de *Paroecanthus* spp.. Se presentan las generalidades de los ortópteros y la similitud que este insecto tiene con otra especie, encontrando que existe una con similares características y hábitos. Se presenta la posible clasificación taxonómica del grillo indiano. Además se hace una breve revisión de sus hábitos y aspectos bioecológicos, ya que la información sobre el mismo es muy escasa. Se detalla una lista por nombre común y científico de 21 los hospederos alternos en donde se han observado oviposiciones de este insecto. Se hace una caracterización de la distribución espacial del daño, siendo esta de tipo agregada, la distribución geográfica encontrándose hasta la fecha en siete de los 14 departamentos cafetaleros entre 1350-1600 msnm, con precipitaciones de 1800 mm y temperaturas entre 10-15 °C. Se detallan cuatro parasitoides de huevos del orden Hymenoptera y un depredador de ninfas del Orden Diptera encontrados en El Salvador, dos parasitoides de huevos encontrados en Honduras del género *Acmopolynema* sp. Hymenoptera: Mymaridae y *Pheidole* sp. Hymenoptera: Formicidae. Se menciona que el principal daño del grillo indiano del café es durante la oviposición por la herida que causa, ya que es de tipo endofítica (entre la corteza y la parte semileñosa).

<sup>1</sup> Ing. M. Sc. Coordinador Programa Entomología IHCAFE Tegucigalpa Honduras Apdo. Postal 3147 4° Piso Edificio Bancatlan. Correo electrónico: [padilla\\_mario@hotmail.com](mailto:padilla_mario@hotmail.com)

<sup>2</sup> Ing. Agr. Jefe Centro Experimental Las Lagunas IHCAFE Marcala, Honduras Apdo. Postal 3147 Tegucigalpa.

Se hace referencia de las acciones que El Instituto Hondureño del Café ha iniciado a fin de contar con un plan de manejo integrado de este insecto, iniciando con el estudio del ciclo biológico, evaluación de prácticas culturales como la poda sanitaria y recepa de tallos afectados mas la quema o entierro del tejido afectado. Se considera la evaluación de cepas de los hongos entomopatógenos de *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* y la evaluación de la capacidad ovicida de diferentes insecticidas dirigidos al tronco.

**Palabras clave:** Grillo indiano, *Paroecanthus* spp., endofítica, entomopatógeno

## INTRODUCCION

En Honduras el cultivo de café tiene importancia económica por la cantidad de divisas que genera por cada saco de 46 kg que es exportado. Socialmente por que genera mas de 1000000 empleos directos y ecológicamente por la diversidad faunística presente en sus ecosistemas. De sus plagas insectiles la broca del fruto (*Hypothenemus hampei* Ferr.) y el minador de la hoja (*Leucoptera coffeella* Staint.) constituyen las más importantes plagas claves, que mayormente se han estudiado y hacia donde se han dirigido los esfuerzos para su control (Muñoz 1989). Sin embargo desde hace mas de seis años se vienen reportando ataques de un insecto de la familia Gryllidae al cual se le denomina “grillo indiano” y que se le ubica en el género *Paroecanthus* spp. Dicho daño se caracteriza por una alta incidencia

de perforaciones en el tallo y bandolas las que se conoce como “mal de flauta”.

Estos ataques reportados son motivo de preocupación en técnicos y productores ya que es una plaga que poco a poco ha estado avanzando, y su presencia se ha pasado por desapercibida, además no se cuenta con suficiente información que nos permita conocer mas acerca de este insecto. En El Salvador se realizó un estudio sobre los aspectos bioecológicos de este, los cuales son de mucha importancia por la carencia de información existente en el área (Barrera 1996), además porque la literatura entomológica, no proporciona mucha información, únicamente se cuenta con la de los manuales de caficultura que se han publicado en los diferentes países del área, sin embargo no aparecen referencias que sustenten tal información.

Antes de definir una estrategia de manejo que nos asegure la supresión de un insecto hasta niveles en donde no cause daño económico, es necesario conocer aspectos de su ciclo vital, características de los diferentes estadios, tiempo generacional, fecundidad entre otros aspectos, con el objetivo de poder identificar aquellos eslabones débiles que nos permitan hacer uso de los organismos benéficos (Quezada 1994).

Es por lo anterior que se presenta la necesidad de efectuar estudios para conocer el ciclo biológico del insecto, determinar el tiempo generacional de esta especie, identificar las características físicas de los diferentes estadios, evaluar el daño causado por *Paroecanthus* spp. en la planta de café, determinar las épocas de mayor incidencia, su distribución geográfica y medidas de manejo integrado. El presente trabajo tiene como objetivo dar a conocer la información parcialmente obtenida de las investigaciones que sobre grillo indiano se están efectuando, así como una caracterización de este insecto.

## REVISION DE LITERATURA

**Generalidades de los Ortópteros**  
Existen aproximadamente 22,500 especies conocidas dentro del

Orden Orthoptera, aquí se encuentra la Familia Gryllidae a la cual pertenecen los grillos. Todos los ortópteros poseen piezas bucales masticadoras, son insectos de cuerpo cilíndrico aplanado por el dorso, con antenas largas y filiformes; las alas del macho están provistas de órganos estriduladores ubicados en la base de las tegminas, cuya función es la de agregación y formación de parejas. Los órganos auditivos (tímpanos) están ubicados en la tibia. La metamorfosis es simple, con desarrollo heterometábolo. Esta familia se caracteriza por tener tarsos de tres segmentos y no poseen arolio, lo que los distingue de otros grupos (Gallo *et al.* 1970, Coronado y Márquez 1976). De manera general, los grillos son terrestres, de hábitos nocturnos, hay especies que son arbóreas. Son omnívoros, alimentándose de basura, materia orgánica, plantas desintegradas, hongos y plántulas. Las especies arbóreas o “grillo de los árboles”, causan daños a la planta durante la oviposición, ya que es de tipo endofítica o sea que las posturas las realiza dentro del vegetal, llegando a causar un debilitamiento total cuando estas son muy numerosas (Gallo *et al.* 1970). El ovipositor es largo en forma de lanza, los cercos son pronunciados y de un solo segmento. Las especies de importancia econó-

mica dentro de la familia Gryllidae son el grillo doméstico *Acheta domestica*, grillo de campo *Acheta assimilis* y grillo de los árboles *Oecanthus niveus* (Coronado y Marquez 1976).

**Similitud de *Paroecanthus* spp. con otras especies.** En la literatura entomológica se reporta un grillo llamado “grillo nevado de los árboles” *Oecanthus niveus* De Geer. Orthoptera: Gryllidae, propios de zonas templadas. Este insecto es corto, de color oscuro, antenas muy largas, las alas producen sonidos, los oídos están en la tibia delantera. El ovipositor es un tubo largo en forma de espada, con el cual realiza una perforación ovígea insertando los huevecillos en la corteza de los árboles, provocando serios daños (oviposición endofítica). Son nocturnos y negativos a la luz. Realizan agujeros pequeños redondos. En cada agujero que se extiende dentro del cambium o madera, el insecto deposita los huevecillos de mas o menos 0.3 cm de largo. Generalmente realiza las perforaciones en una sola hilera a lo largo del tallo, algunas veces 50-75 por hilera, 10 por centímetro. Tales perforaciones pueden servir como puntos de entrada de patógenos del árbol (Fig. 1). Los huevos permanecen incrustados en la corteza de los árboles, hasta la

emergencia de las ninfas que son estados similares a los adultos , los cuales se alimentan del follaje de varias plantas, de pequeños insectos, hongos y frutos (Ross 1964, Metcalf y Flint 1978).



**Figura 1.** Grillo nevado de los árboles *Oecanthus niveus*. Momento de oviposición, similar al grillo indiano (Fuente Metcalf y Flint 1978).

La alimentación de estos insectos causa poco daño, o puede efectuarse en plantas herbáceas (malezas) sin ningún valor económico y no las utiliza para ovipositar (Ross 1964). De igual manera Le Pelley (1973) reporta que las especies de la Sub Familia Oecanthinae incluye a insectos que se les conoce como grillos de los árboles. Sus hábitos son similares en cuanto a que están sobre la planta alimentándose de hojas, causando un daño considerable. El mismo autor reporta que en Guatemala y El Salvador este insecto ha causado daños al cultivo del café, por medio de las heridas hechas por la oviposición de un grillo que supuestamente pertenece a la especie *Paroecanthus guatemalae*

y *P. salvadorensis*, quien normalmente oviposita en las ramas jóvenes cercanas al suelo y en los troncos.

**El grillo del café *Paroecanthus* spp. Sauss Orthoptera: Gryllidae**

**Taxonomía del insecto:**

Reino Animal, Filo Arthropoda, Clase Insecta, Orden Orthoptera, Sub Orden Ensifera Familia Gryllidae, Sub Familia, Oecanthinae, Género, *Paroecanthus*, Especie, *niger, guatemalae, salvadorensis*.

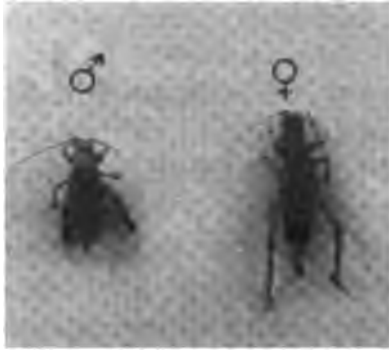
Se le conoce con otros nombres como ser: Grillo indiano, Cricket tree (en inglés), grillo del café.

**Descripción, hábitos, daño y bioecología de *Paroecanthus* spp.**

El insecto adulto mide de 20 a 25 mm de largo, de antenas largas sobrepasándole el cuerpo, forma mas o menos cilíndrico, de color negro igual que las patas, con alas membranosas (Fig. 2). El Grillo Indiano del café *Paroecanthus* spp. Sauss. Orthoptera: Gryllidae presenta un tipo de metamorfosis gradual o simple, las formas inmaduras de este insecto se llaman ninfas, las que se parecen a los adultos en la forma del cuerpo

y por lo general tienen los mismos hábitos que sus padres. La hembra de este insecto después de realizar con sus mandíbulas cortes en forma circular de aproximadamente 3 mm de diámetro sobre la corteza, coloca los huevos entre esta y la madera de la planta (oviposición endofítica), causando de esta manera el daño. En El Salvador, en donde se encontró que bajo condiciones de laboratorio *Paroecanthus* spp. tiene un ciclo de vida de 229.5 días, presentando una sola generación al año (Barrera 1996).

Provoca dos tipos de daño, al alimentarse del follaje del cafeto, haciendo agujeros y cortando los bordes de las hojas. El daño principal es causado cuando la hembra realiza la oviposición que es de tipo endofítica o sea que incrusta sus huevecillos dentro del tejido tierno y semileñoso de las ramas jóvenes y tallo (Fig. 3 y Fig. 4). En esos agujeros el insecto hace cuatro inserciones en diferentes direcciones y al remover la corteza se observa una X que contiene tres huevos en cada extremo. Una hembra es capaz de hacer 13 perforaciones en el tallo del cafeto y poner hasta 156 huevos. Cuando las perforaciones son numerosas las ramas y tallos pueden quebrarse (Procafe 1997, Anacafe 1998).



**Figura 2.** Adultos Macho y Hembra de *Paroecanthus* spp. (Fuente: Muñoz 1998)



**Figura 3.** Daño provocado por las oviposiciones de *Paroecanthus* spp. En la planta de café (Fuente: Padilla 1999)

*Paroecanthus* spp. es de hábito nocturno, durante el día permanece refugiado entre las malezas, hojarasca u otro sitio, saliendo al final de la tarde y por la noche a alimentarse y a efectuar la oviposición en los tallos del café, izotes y otras plantas. Los tallos atacados tienen la apariencia de una flauta, de ahí que se le conozca con el mal de flauta. Cuando hay



**Figura 4.** Forma de colocar los huevos de *Paroecanthus* spp. endofítica en forma de cruz (Fuente: Padilla 1999)

abundantes perforaciones, el desarrollo del cafeto se ve afectado, observándose un paloteo de las ramas, pudiendo estos agujeros servir de puerta de entrada a organismos patógenos. Los huevos eclosionan en aproximadamente 21 días dependiendo de las condiciones climáticas. Las ninfas tardan cerca de 198.9 días en convertirse en adultos, pasando por cinco estadios ninfales (Procafe 1997, Anacafe 1998).

### Hospederos de *Paroecanthus* spp. observados

A continuación se detallan los 21 hospederos observados por Padilla y Rodríguez en fincas. 1999

Nombre científico	Nombre común	Referencia
<i>Coffea arabica</i>	Café	Le Pelley 1973
<i>Yuca elephantipes</i>	Izote	Barrera 1996
	Chichicaste	Barrera 1996
<i>Persea americana</i>	Aguacate	Barrera 1996
<i>Gliricidia sepium</i>	Madreado	Barrera 1996
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Liquidambar styraciflua</i>	Liquidambar	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Gosypium</i> spp.	Algodón de árbol	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Licania platypus</i>	Zapotillo	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Ricinus comunis</i>	Higuerilla	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Cordia</i> spp.	Laurel	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Inga</i> spp.	Guamas	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Cederella odorata</i>	Cedro	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Switenia macrophila</i>	Caóba	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Punica granatum</i>	Granadillo rojo	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Eugenia jambos</i>	Manzana rosa	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Cajanus cajan</i>	Frijol de árbol	Padilla y Rodríguez 1999
<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance	Barrera 1996
<i>Citrus</i> spp.	Citricos	Barrera 1996
	Ciprés	Barrera 1996
	Durazno	Barrera 1996



A



B

**Figura 5.** Hospederos encontrados en finca de café *Psidium guajava* (A) y *Liquidambar styraciflua*. Finca los Alpes Siguatepeque (Fuente: Padilla 1999).

### **Distribución espacial del daño**

El patrón de distribución observado en el campo es agregado, se presenta en aquellos sitios donde hay mayor cantidad de hospederos alternos. No obstante no se han hecho estudios detallados al respecto, apenas se acaba de iniciar el estudio de este insecto por lo que al finalizar ya se contarán con datos que nos puedan confirmar dicho patrón. En cuanto a la incidencia del daño se realizó el cálculo en 50 plantas encontrando un 80% de plantas severamente afectadas tanto en tallos y bandolas.

### **Distribución geográfica del insecto**

Los ataques de *Paroecanthus* spp. se localizan en fincas cafetaleras de los departamentos de Santa Bárbara, El Paraíso, Comayagua, La Paz, Intibucá, Francisco Morazán y Ocotepeque en el Occidente del país. Las fincas que se encuentran atacadas están entre 1350-1600 msnm, a plena exposición solar, con altas precipitaciones y bajas temperaturas, en plantas de aproximadamente 3-5 años; con una alta incidencia de perforaciones en tallos y bandolas. También se observó que las plantas de mayor edad presentaban ataque solamente en la parte superior y en la base del tallo principal no había perforaciones, probablemente porque estas plantas de mayor edad

están cubiertas con musgo, lo cual forma una barrera que evita que la hembra cause el daño al ovipositar. Otro aspecto que es importante mencionar es que en los hospederos se pudo observar que el daño en el tallo alcanzó alturas de hasta cinco metros (M. Padilla Observación personal 1999).

### **Distribución temporal del daño**

En las inspecciones efectuadas a fincas se han encontrado una mayor cantidad de adultos y ninfas de diferentes tamaños durante la época lluviosa. Es importante mencionar que en esas alturas de 1350-1600 msnm donde se han observado los ataques de este insecto, las precipitaciones son elevadas (más de 1800 mm) alcanzando temperaturas entre 10-15 °C. En el verano no ha sido imposible encontrarlos, es probable que las altas temperaturas que se registran durante esta época cause efectos adversos sobre estos insectos reduciendo de esta manera las poblaciones.

### **Enemigos naturales**

Barrera (1996), encontró en El Salvador cuatro especies de parasitoides de huevos del Orden Hymenoptera siendo estos *Cnecomymar* sp. Mymaridae, *Anastatus* sp. Eupelmidae, *Ophioneurus* sp. Trichogrammatidae, y una especie depredadora



de ninfas del Orden Diptera de la familia Cecidomyiidae. Por otra parte en Honduras se identificaron dos parasitoides de huevos los cuales emergieron sobre los tallos de café con perforaciones de grillo (en condiciones de laboratorio), siendo estos: *Acmopolynema* sp. Hymenoptera: Mymaridae y *Pheidole* sp. Hymenoptera: Formicidae, este último emergió del tallo perforado de manzana rosa.

#### **Importancia económica del daño**

El grillo "indiano" del café *Paroecanthus* spp. Orthoptera: Gryllidae se puede considerar una plaga secundaria, no obstante puede surgir como una plaga de importancia económica sino se considera el impacto sobre sus enemigos naturales que puede ocasionar las medidas de control de otras plagas. El daño arriba descrito ha ocasionado en las plantas un paloteo, amarillamiento, defoliación hasta alcanzar la muerte de la planta. No se tienen registros del impacto sobre los rendimientos, sin embargo al ocurrir lo anterior es lógico pensar que la producción sufrirá una reducción. Por otra parte la herida que la hembra causa al tejido al introducir el ovipositor es puerta de entrada de patógenos, lo cual se puede visualizar en la zona necrotica donde se localizan los huevos.

#### **Acciones que actualmente se están tomando**

Entre las acciones que el IHCAFE ha iniciado a través del Programa de Entomología son en primer lugar el estudio del ciclo biológico del insecto por medio de inducción de oviposiciones de hembras confinadas en mangas entomológicas en el campo, en laboratorio cría con dietas artificiales de los diferentes estados inmaduros hasta alcanzar su estado adulto. Aquí las dietas no solo servirán para su alimentación sino también para identificar alguna en especial para su utilización a nivel de campo en forma de cebos y de esta forma contar con otra alternativa de manejo. Se está efectuando un mapeo a nivel nacional con el fin de identificar su distribución geográfica y bajo que condiciones es mas frecuente. La fluctuación del insecto es otro aspecto que se está estudiando, parte de la información aquí mencionada proviene de ese estudio. La evaluación de prácticas culturales como ser la poda sanitaria de bandolas y recepa de tallos afectados seguido de la quema del tejido removido o enterrándolo. Además el control biológico mediante los parasitoides y la evaluación de cepas de hongos entomopatógenos como *Metarhizium anisopliae* (CAB International 1999) y *Beauveria bassiana*. Por último la evaluación del efecto ovicida de diferentes insecticidas dirigidos al tronco.

## BIBLIOGRAFÍA

- ANACAFE. 1998. Manual de caficultura. 3ª Edición. Guatemala. 317 p.
- BARRERA, M. J. C. 1996. Bioecología del grillo indiano del cafeto *Paroecanthus niger* Sauss. Universidad de El Salvador. Tesis Lic. En Biología. 86p.
- CENTER FOR INSECT SCIENCE EDUCATION OUTREACH (CISEO). 1997. Crianza de artrópodos. Universidad de Arizona. p. 1-3
- CORONADO, R.; MARQUEZ, A. 1976. Introducción a la entomología. Morfología y taxonomía de los insectos. Edit. Limusa México. 282 p.
- FILONILA, R. R. 1986. Evaluación de la capacidad de daño y determinación de plantas hospederas de preferencia del chacuatete (*Idiarthron subquadrum*). In Memoria IX Simposio sobre caficultura latinoamericana. IICA Guatemala 13-14 Noviembre. p. 31-42.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; WIENDL, M. F.; NETO, S. S.; CARBALHO, P. L. R. 1970. Manual de entomología. Sao Paulo (Br.). 858 p.
- LE PELLEY, 1973. Las plagas del café. Edit. Labor S. A. Barcelona (Esp.). 693p.
- METCALF, C. L.; FLINT, W. P. 1978. Insectos destructivos e insectos útiles. Sus costumbres y control. CECSA. México. 1208 p.
- MUÑOZ, R. 1989. Recopilación de publicaciones entomológicas realizadas por El Instituto Hondureño del Café. IHCAFE Tegucigalpa Honduras 176 p.
- PROCAFE. 1997. Manual del caficultor salvadoreño. El Salvador Ultima edición p. 123.
- ROSS, H. H. 1964. Introducción a la entomología general y aplicada. Edit. Omega. Barcelona (Esp.). 536p.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1978. Ecological method with particular reference to the study of insect population. 2nd ed. London, UK: Chapman & Hall. 500p.

**COMBATE PREVENTIVO DEL OJO DE GALLO**  
**(*Mycena citricolor*)**  
**EN EL CULTIVO DE CAFÉ.**

*Jorge Mora Bolaños MSc.*  
*José Arturo Solórzano*  
*Ing. Luis Gmo. Vargas*  
*Cartagena\**

**RESUMEN**

El estudio se realizó en la localidad de Carrizal de Alajuela a una altitud de 1475 msnm. Se utilizó una plantación del cultivar "Catuai" con aproximadamente diez años de establecida y la cual presentaba tejido renovado resultado de la poda total del área posterior a la cosecha 1996 –1997. En un período de 24 semanas, a partir del mes de mayo del año 1999, se evaluó el progreso de la enfermedad por unidad experimental en las cuales se aplicaron los siguientes tratamientos: Caldo bordeles, tolcoflos metil y el antibiótico Validamicina A. Se realizaron un total de cuatro aplicaciones de los fungicidas con un intervalo de aproximadamente 35 días.

Una vez aparecidas las primeras lesiones sobre las plantas tratadas con los fungicidas caldo bordeles y tolcoflos metil, no se observó un buen efecto de los productos para disminuir el progreso de la enfermedad. A la dosis de 10.0 mL por litro de agua y utilizado en forma preventiva, el antibiótico validamicina A redujo significativamente el número de hojas enfermas y el número de lesiones por hoja, producto de su acción sobre el proceso de gemación, el cual, se manifestó por un período de aproximadamente 22 días. Las plantas tratadas con los fungicidas tolcoflos metil y caldo bordeles, al igual que en el follaje presentaron las mayores incidencias en la cereza, con niveles que oscilaron entre el 13 y 24 % respectivamente. Los granos tratados con validamicina A no manifestaron incidencia de la enfermedad como resultado de su eficacia para controlar el progreso de la enfermedad.

---

\* Dirección de Investigaciones Agropecuarias, MAG.

**Palabras clave:** café, enfermedades, *Mycena citricolor*, ojo de gallo, control químico.

## INTRODUCCIÓN

El “ojo de gallo” (*Mycena citricolor*) constituye el principal problema patológico que presenta el cultivo de café en Costa Rica. La enfermedad se manifiesta en todas aquellas zonas cafetaleras que se encuentran por encima de los 1100 msnm. Las pérdidas económicas que ha generado, principalmente en la última década, son millonarias y obligaron a las autoridades del sector a emitir el decreto de emergencia 25875 – MAG durante la cosecha 1996 – 1997. El patógeno reduce seriamente el área fotosintética producto de la fuerte defoliación, lo cual, se traduce en una significativa reducción de la futura cosecha. Otro efecto importante se presenta sobre los granos de café, donde origina hundimiento del tejido, factor que influye sobre la calidad y sobre el rendimiento de la cosecha actual. En la mayoría de los casos el productor fundamenta el combate de la enfermedad bajo el concepto del “manejo integrado” donde el uso de fungicidas juega un papel preponderante. Dentro de los fungicidas más utilizados se incluyen principalmente algunos representantes de la familia de los

triazoles, con un modo de acción unisitio, factor que predispone la aparición de una posible resistencia por parte del agente causal, consecuencia de sus aplicaciones periódicas. La movilidad de estos productos dentro de la planta así como su efecto directo sobre las lesiones de “ojo de gallo” son aspectos que han sido poco documentados.

No obstante, a pesar de la importancia que significa el “ojo de gallo” para nuestro productor de café, son muy pocos los productos a su disposición y por ello se justifica cualquier evaluación al respecto. El presente estudio evalúa alternativas químicas para el combate preventivo de la enfermedad, principalmente con productos que tienen una acción multisitio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La zona presenta una temperatura promedio entre 17 y 24 °C, una precipitación media anual de 2500 mm. Se utilizó una plantación del cultivar “Catuai” con aproximadamente diez años de establecida y la cual presentaba tejido renovado resultado de la poda total del área posterior a la cosecha 1996 – 1997

y que se originó como producto de los fuertes ataques de “ojo de gallo” que se presentaron en la zona. Debido a esta condición, el nivel de inóculo dentro de la plantación fue muy bajo y se limitó a muy pocas plantas con niveles bajos de severidad. Esta condición favoreció la evaluación de los fungicidas en forma preventiva dentro del área experimental, no obstante, de la fuerte presión de inóculo que se observó en los cafetales vecinos. El manejo agronómico del área en evaluación fue el tradicional de la región y únicamente varió en cuanto a la aplicación de los fungicidas para el combate de la enfermedad. En un diseño de Bloques Comple-

tos al Azar con seis repeticiones, se marcaron parcelas de 40 plantas distribuidas en cuatro surcos (diez plantas por surco). Esta ubicación de los tratamientos se fundamentó en la baja presión de la enfermedad dentro del área experimental. En los dos surcos centrales se seleccionaron siete plantas en las cuales se marcaron cinco puntos de evaluación (cinco bandolas por planta).

En un período de 24 semanas, a partir del mes de mayo del año 1999, se evaluó el progreso de la enfermedad por unidad experimental en las cuales se aplicaron los siguientes tratamientos:

<b>Tratamiento</b>	<b>Dosis /Litro de agua</b>
1. Fytosan 80 WP (caldo bordes)	10.0 g.
2. Rhyzolex 50 WP (tolcoflos metil)	3.5 g.
3. Cepex 5 % SL (validamicina A)	10.0 ml

La aspersión de los fungicidas se llevó a cabo con una bomba de motor marca “Solo” de 14 litros de capacidad. La primera aplicación se llevó a cabo en el mes de mayo con el inicio de las lluvias. Se realizaron un total de cuatro aplicaciones de los fungicidas con un intervalo de aproximadamente 35 días.

La eficacia de los tratamientos en el control de la enfermedad se determinó con la evaluación de las siguientes variables:

1. Total de hojas por bandola marcada.
2. Número de hojas enfermas por bandola.
3. Número de lesiones por hoja.
4. Porcentaje de gemación.

El análisis de los datos se sustentó en un ANDEVA (Análisis de Varianza) y una separación de las medias según la prueba de DMS al 5%. Con base a los datos de incidencia (total de hojas enfermas en

la población) se calculó el Area Bajo la Curva para el Progreso de la Enfermedad (ABCPE) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{ABCPE: } \sum (Y_i + (Y_i + 1)/2 (T_i + 1 - T_i))$$

$Y_i$  : Enfermedad en la  $i$ ésima evaluación

$T_i$  : Tiempo en la  $i$ ésima evaluación

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Varios factores favorecieron una fuerte presión del ojo de gallo en el área experimental:

La condición climática presente durante el período de evaluación fue favorable para la diseminación y multiplicación del agente causal, principalmente en los últimos meses del año que se caracterizaron por presentar alta humedad relativa producto de las fuertes lluvias. Otra condición que predispuso la incidencia de la enfermedad dentro de la plantación fue la ubicación del lote cercano a un río, donde los árboles favorecieron la humedad durante gran parte de las horas de la mañana. Un tercer factor a considerar fue una importante incidencia de la enfermedad en las plantaciones vecinas al área experimental y que en algunos casos manifestaron una fuerte defoliación producto del inóculo residual que se originó de la cosecha anterior.

### 1. Retención Foliar

Al inicio de la investigación, el total de hojas fue una variable que se uniformó para los tratamientos, con un valor promedio de 19 hojas por bandola marcada (Cuadro 1). Hasta los 113 días después de iniciado el experimento no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos producto de una condición climática menos favorable para un aumento acelerado en los niveles de la enfermedad. Lo importante de rescatar en este período de evaluación fue la tendencia negativa para el total de hojas por bandola marcada que presentaron los fungicidas caldo bordeles y tolcoflos metil y es así como en la última evaluación, las bandolas marcadas presentaron una pérdida del 50 % de las hojas producto de un rápido incremento de la enfermedad, principalmente a partir de los dos últimos meses de la evaluación.

El antibiótico validamicina A, mantuvo un valor constante en el número de hojas por bandola marcada. Dicha retención de las hojas se da como resultado de la eficacia en el control de la enfermedad. Esta molécula representa una alternativa con un mecanismo de acción muy diferente a los tradicionalmente utilizados para el combate de la enfermedad, principalmente por tratarse de un antibiótico que se

obtiene del proceso de fermentación de *Streptomyces hygroscopicus* var. *limonensis* y que comúnmente se utiliza en el combate de enfermedades de origen bacterial. La eficacia de la validamicina A en la retención de las hojas es un aspecto que favoreció el rendimiento actual y de la futura cosecha de las plantas asperjadas.

Los granos o cerezas de café que fueron asperjados con el antibiótico durante el proceso de evaluación no manifestaron enfermedad, mientras que, en las plantas asperjadas con tolcoflos metil y caldo bordeles las cerezas presentaron una incidencia importante de la enfermedad.

**Cuadro 1.** Promedios de la variable total de hojas por bandola. Carrizal, Alajuela. Costa Rica, 1999.

Fungicida	0DD1E	36 DD1E	63 DD1E	113 DD1E	162 DD1E	% Defoliación
Fytosan80 WP	18.8 a	16.14 a	14.92 a	14.75 a	8.00 b	57.4
Rizolex 50 WP	20.0 a	17.19 a	16.08 a	12.53 a	9.09 b	54.6
Cepex 5 % SL	19.1 a	16.92 a	16.90 a	17.03 a	18.68 a	2.0

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de DMS al 5%.

## 2. Incidencia de la enfermedad en follaje.

El inóculo residual que se traduce en la cantidad de lesiones que se mantienen de una epidemia a la siguiente, influye directamente sobre la eficacia de los fungicidas que se utilizan en el combate de la enfermedad. Al inicio del experimento

el nivel de la enfermedad fue similar para todos los puntos de evaluación como se observa con la variable número de lesiones por hoja (Cuadro 2), esta condición se da como resultado de la poca presión de la enfermedad dentro del área experimental.

**Cuadro 2.** Promedios de la variable número de lesiones por hoja. Carrizal, Alajuela. Costa Rica, 1999.

Fungicida	0DD1E	36 DD1E	63 DD1E	113 DD1E	162 DD1E
Fytosan 80 WP	0.0 a	0.15 a	0.23 a	0.38 a	0.70 a
Rizolex 50 WP	0.0 a	0.07 a	0.16 a	0.47 a	0.50 a
Cepex 5 % SL	0.0 a	0.03 a	0.06 a	0.04 a	0.00 b

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de DMS al 5%.

El número de hojas con al menos una lesión fue muy baja o en la mayoría de los casos no se manifestaron para aquellas plantas tratadas con el antibiótico validamicina A. Este comportamiento se mantuvo en todo el período de evaluación como resultado de la eficacia del antibiótico, sobre todo para controlar la formación de gemas en las pocas lesiones que se presentaron en las plan-

tas tratadas. Este factor fue evidente por un período de al menos tres semanas después de realizadas las aplicaciones del producto (Figura 1). El período de tiempo en que las lesiones de ojo de gallo manifestaron presencia de gemas por efecto de la aplicación del antibiótico fue muy similar al que se observa en la aplicación de los triazoles comúnmente utilizados en el combate de la enfermedad.

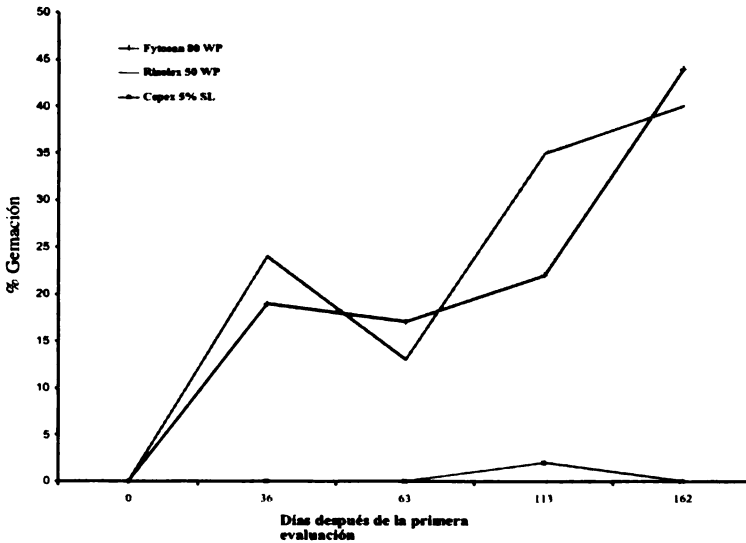


Figura 1. Porcentaje de lesiones con presencia de gemas. Carrizal, Alajuela. 1999

La actividad de los fungicidas a base de cobre se fundamenta en una película protectora, la cual una vez presente la lesión en la hoja ejercen poca eficacia para impedir el proceso de gemación. Su modo de acción se limitó a impedir la germinación de las gemas al momento en que estas hacen contacto

con la epidermis de la hoja. Este aspecto permitió que las plantas tratadas con el fungicida caldabordeles manifestaran un incremento acelerado de la enfermedad tal y como lo define la variable número de lesiones por hoja. El hecho de haber iniciado el manejo de la enfermedad con un bajo



inóculo residual, fue un factor que predispuso una buena eficacia de la validamicina A. Este antibiótico mantuvo durante todo el período de evaluación, el control de las pocas lesiones existentes y una buena protección de las plantas tratadas. A la dosis de 10 mL por litro, la aplicación preventiva de Cepex 5% SL permitió un buen control sobre los estadios iniciales de la enfermedad y se observó una pérdida progresiva del tejido necrosado. Es evidente con estos datos que el antibiótico presenta un efecto importante sobre el agente causal y no se limitó a una acción protectora. De acuerdo a la información suministrada por la casa comercial (Takeda Chemical), el antibiótico tiene efecto sobre el micelio del hongo impidiendo la formación de algunos azúcares utilizados por el agente causal como fuente de energía. Este mecanismo de acción se ve reflejado para el caso de *Mycena citricolor* en una disminución del proceso de gemación y por ende de la enfermedad. Las aplicaciones de este antibiótico en cultivos como

el arroz (*Oryza sativa*) y la papa (*Solanum tuberosum*) se recomiendan a la dosis de 1.0 litro por hectárea para el control de hongos como *Rhizoctonia solani*. Estudios preliminares para el combate de ojo de gallo han demostrado poca eficacia del producto cuando se le aplicó como curativo a la dosis de 2.0 mL por litro de agua. La aplicación preventiva de dosis menores a 10.0 mL por litro para el combate de ojo de gallo es un factor que aún no se ha evaluado.

El efecto observado en esta investigación con el antibiótico validamicina A no se presentó con el fungicida caldo bordeles, el cual tradicionalmente se recomienda en el combate preventivo de la enfermedad debido a que no ejerce ningún efecto erradicante sobre las lesiones presentes en la planta. Este comportamiento de ambos productos se resume con el cálculo del área bajo la curva para el progreso de la enfermedad (ABCPE) y que se extrae de las curvas de incidencia a través del tiempo (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Incidencia de ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en follaje y cereza de café según fungicida aplicado. Carrizal, Alajuela. Costa Rica, 1999.

Fungicida	Incidencia en Follaje			Incidencia en grano
	0DD1E	162 DD1E	ABCPE	162DD1E
Fytosan 80 WP	4.00	46.00	2585.00 a	24.0
Rizolex 50 WP	2.25	21.12	2029.70 a	13.0
Cepex 5 % SL	3.98	1.50	555.00 b	0.0

Promedios con la misma letra no difieren estadísticamente según prueba de DMS al 5%.

### **3. Incidencia de la enfermedad en grano.**

El desarrollo de síntomas en cerezas constituye una reducción inmediata sobre el rendimiento total de la planta, debido a que estas caen al suelo o son de una menor calidad en el proceso de beneficiado. Los primeros granos afectados se presentaron con el aumento progresivo de la enfermedad en follaje y alcanzó su máxima en los últimos meses del año por efecto del salpique, producto de las fuertes lluvias y por la alta humedad relativa que caracterizan las regiones ubicadas sobre los 1400 msnm.

Las plantas tratadas con los fungicidas tolcoflos metil y caldo bordeles, al igual que en el follaje presentaron las mayores incidencias en la cereza, con niveles que oscilaron entre el 13 y 24 % respectivamente (Cuadro 3). Los granos tratados con validamicina A no manifestaron incidencia de la enfermedad como resultado de su eficacia para controlar el progreso de la enfermedad.

### **CONCLUSIONES**

El fungicida caldo bordeles tradicionalmente se recomienda en el tratamiento preventivo del ojo de gallo, una vez aparecidas las primeras lesiones sobre las plantas tratadas, no se observó un buen efec-

to del producto para disminuir el progreso de la enfermedad.

A la dosis de 10.0 mL por litro de agua y utilizado en forma preventiva, el fungicida validamicina A redujo significativamente el número de hojas enfermas y el número de lesiones por hoja, producto de su acción sobre el proceso de gemación, el cual, se manifestó por un período de aproximadamente 22 días.

Dentro de un programa de manejo integrado y utilizado con bajos niveles de enfermedad inicial, el antibiótico validamicina A es otra alternativa a considerar junto con los fungicidas comerciales que presentan eficacia para el control de la enfermedad.

Es necesario evaluar la aplicación preventiva de dosis menores a 10.0 mL por litro de agua, con el fin de encontrar un nivel al cual se mantenga su eficacia y se haga más rentable su aplicación.

Los fungicidas registrados en el control de la enfermedad tienen un mejor efecto sobre el control de la enfermedad cuando se les utiliza en forma preventiva o con un bajo nivel de incidencia. El control curativo de la enfermedad es una práctica que no ha mostrado buenos resultados debido a su poca acción erradicante y a la gran cantidad de inóculo potencial (gemas) que se produce por lesión en un período muy corto de tiempo.

## LITERATURA CONSULTADA

Chaves, O. 1996. Características biológicas del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo de cafeto en Costa Rica y su control. Hojas Divulgativas. Sandoz Agro. S.A. San José. 4 p.

Ishikawa, R. ; Fujimori, K. ; Matsuura, K. 1996. Antibacterial activity of validamicin A against *Pseudomonas solanasearum* an its efficacy against

tomato bacterial wilt. CAB Abstracts. 1996 – 1998.

Ramírez, V. C. 1994. Estudio preliminar sobre el efecto del manejo nutricional y de luz en el contenido de cera cuticular y el uso de cobertura foliar en la infección de *Mycena citricolor* en hojas de cafeto. Tesis Facultad de Agronomía. UCR. 70 p.

TAKEDA CHEMICAL INDUSTRIES. sf. Validamicin fungicide. Japan. 29 p.



**VALORACION *IN VITRO* DEL pH OPTIMO  
PARA EL DESARROLLO DEL OJO DE GALLO  
(*Mycena citricolor*) EN CAFE**

Luis Vargas Cartagena<sup>1</sup>

**RESUMEN**

En el Laboratorio de Protección de Cultivos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) se estableció un ensayo con el objetivo de determinar el valor de pH adecuado para el crecimiento micelial del hongo *Mycena citricolor*, causante de la enfermedad en café conocida como ojo de gallo. El estudio se llevó a cabo durante el mes de enero de 1999. Los tratamientos fueron los siguientes: pH 4, pH 5, pH 6, pH 7 y pH 8; los cuales se distribuyeron en un diseño Irresticto al Azar con 5 repeticiones. Discos de 5 mm de diámetro de papa dextrosa agar (PDA) con el hongo puro fueron colocados en el centro del sustrato, constituido por papa dextrosa agar + extracto de levadura al 0.2%. Como medio acidificante se utilizó ácido láctico al 20%. El valor de pH se determinó con un peachímetro Coleman Model 39. Se midió la variable de crecimiento micelial en mm en forma radial del hongo a intervalos de 48 horas hasta 192 horas luego de la inoculación. El hongo creció a una temperatura entre 24°C y 25°C. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y separación de medias según la prueba de DMS al 1%. A las 48, 96, 144 y 192 horas el valor de pH de 4 siempre se mantuvo con los menores niveles de crecimiento micelial. Estadísticamente no hay diferencias entre los valores de pH 7 y 8 en todas las épocas de evaluación. El valor de pH 5 es el que muestra los mayores niveles de desarrollo micelial, situación que se mantuvo desde la primera evaluación hasta la última medición. De acuerdo con los resultados se podría establecer el siguiente orden descendente referido a las necesidades del valor de pH para *Mycena citricolor*: pH 5 > pH 6 > pH 7 > pH 8 > pH 4.

**Palabras clave:** café, fitopatología, *Mycena citricolor*, ojo de gallo, Tecnología laboratorio, crecimiento del hongo, pH del medio, Costa Rica.

<sup>1</sup> Depto de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Apdo 10094. E-mail: vargmora@racsa.co.cr

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo fue determinar bajo condiciones de laboratorio el valor de pH adecuado para el crecimiento micelial del hongo *Mycena citricolor*, causante de la enfermedad en café conocida como ojo de gallo.

## MATERIALES Y METODOS

El estudio se llevó a cabo en el Laboratorio del Depto de Protección de Cultivos del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) durante el mes de enero de 1999. Los tratamientos fueron los siguientes: pH 4, pH 5, pH 6, pH 7 y pH 8; los cuales se distribuyeron en un diseño Irrestringido al Azar con 5 repeticiones. Discos de 5 mm de diámetro de papa dextrosa agar (PDA) con el hongo puro fueron colocados en el centro del sustrato, constituido por papa dextrosa agar + extracto de levadura al 0.2%. Como medio acidificante se utilizó ácido láctico al 20%. El valor de pH se determinó con un peachí-

metro Coleman Model 39. Se midió la variable de crecimiento micelial en mm en forma radial del hongo a intervalos de 48 horas hasta 192 horas luego de la inoculación. El hongo creció a una temperatura entre 24°C y 25°C. Los datos se analizaron mediante análisis de varianza y separación de medias según la prueba de DMS al 1%.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 1. Los mismos revelan que desde un inicio, es decir a partir de las 48 horas luego de la inoculación se observan diferencias estadísticas en todos los tratamientos. A las 48, 96, 144 y 192 horas el valor de pH de 4 siempre se mantuvo con los menores niveles de crecimiento micelial. Estadísticamente no hay diferencias entre los valores de pH 7 y 8 en todas las épocas de evaluación. El valor de pH 5 es el que muestra los mayores niveles de desarrollo micelial, situación que se mantuvo desde la primera evaluación hasta la última medición.

**Cuadro 1.** Resultados obtenidos en la valoración del pH sobre el crecimiento micelial en mm de *Mycena citricolor*, según prueba DMS (1%). Laboratorio Protección de Cultivos, San José, Costa Rica, 1999.

TRATAMIENTO	Horas después de la inoculación			
	48	96	144	192
pH 4	3.2 (d)	7.8 (d)	11.6 (d)	16.2 (d)
pH 5	9.2 (a)	17.6 (a)	26.8 (a)	38.0 (a)
pH 6	8.2 (b)	15.2 (b)	23.8 (b)	32.2 (b)
pH 7	7.2 (c)	14.0 (bc)	21.0 (c)	28.8 (c)
pH 8	7.0 (c)	13.0 (c)	19.8 (c)	27.0 (c)

### CONCLUSIÓN

De acuerdo con estos resultados se podría establecer el siguiente orden descendente referido a las necesidades del valor de pH para *Mycena citricolor*: pH 5 > pH 6 > pH 7 > pH 8 > pH 4. Para efectos prácticos lo anterior podría indicar que

los valores de pH ácido cercanos a 4 o pH alcalinos como 8 afectan el normal crecimiento micelial del hongo, situación que puede ser considerada al momento de efectuar medidas preventivas dirigidas hacia el combate de este patógeno bajo condiciones de campo.





## EVALUACION *IN VITRO* DEL ACIDO PROPIONICO + CAL CONTRA EL OJO DE GALLO (*Mycena citricolor*) EN CAFE.

Luis Vargas Cartagena<sup>1</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la eficacia biológica del ácido propiónico + cal contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café, se estableció un experimento bajo condiciones controladas (prueba en platos petri) y semicontroladas (prueba en bandejas) en el Laboratorio de Protección de Cultivos del Ministerio de Agricultura y Ganadería. El trabajo se efectuó durante el mes de junio de 1999. Los tratamientos fueron los siguientes: 1. Ácido propiónico + cal (5cc de producto comercial (P.C./l), 2. Ácido propiónico + cal (10cc P.C./l), 3. Ácido propiónico + cal (20cc P.C./l), 4. Cyproconazole (1.25cc P.C./l) y 5. Testigo absoluto. En la prueba de bandejas los resultados indicaron que la dosis más elevada del ácido propiónico + cal manifestó una acción preventiva (condición de gemas removidas (R) ) contra el hongo al presentar niveles de daño de 18.16% y 30.63% en la 1<sup>ra</sup> y 2<sup>da</sup> evaluación respectivamente, en contraste con 39.24% y 58.0% en el tratamiento testigo. Asimismo en la variable de porcentaje de gemación (condición de gemas sin remover (SR) ), la dosis más alta del ácido propiónico + cal ejerció un efecto erradicante sobre las gemas o cabecitas del hongo; efecto que se detectó al pasar de 40.51% (dato de la 1<sup>ra</sup> evaluación) a 24.35% en la 2<sup>da</sup> evaluación. Tanto en la condición R como SR, así como a los 4 y 8 días luego de la aplicación, la dosis aplicada de 20cc/l de ácido propiónico + cal presentó diferencias estadísticas con el tratamiento testigo. En la prueba de platos petri todas las dosis evaluadas del ácido propiónico + cal inhibieron totalmente la expansión de las hifas del hongo, lo cual evidencia que dicho producto neutralizó el ácido oxálico producido por el patógeno. Se sugiere evaluar formulaciones apropiadas de este producto o mezclas con otras sustancias químicas que le provean una mejor persistencia y tenacidad bajo condiciones de campo.

**Palabras clave:** café, ácido propiónico, cal, ojo de gallo, *Mycena citricolor*, control químico, Costa Rica

---

<sup>1</sup> Depto de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Apdo 10094. E-mail: vargmora@racsa.co.cr

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo fue la determinación de la dosis más efectiva del ácido propiónico + cal sobre la gemación y reesporulación del hongo *Mycena citricolor*.

## MATERIALES Y METODOS

El experimento se ubicó en el Laboratorio del Depto de Protección de Cultivos (MAG) situado en Sabana Oeste, San José durante el mes de junio de 1999. El diseño empleado fue un irrestricto al azar con 5 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental constó de 6 hojas, de las cuales a 3 se les removió las esporas o gemas. Las hojas se colocaron en bandejas plásticas de 7x15x30 cm con espuma, papel aluminio y cubiertas con plástico para mantener la humedad. La aplicación de los productos se hizo con bomba manual de 1 litro de capacidad. Se efectuaron tres evaluaciones: un día antes de la aplicación, cuatro y ocho días después de aplicados los

tratamientos. Paralelo a esta prueba también se valoró el crecimiento micelial del hongo en mm, sobre un substrato artificial constituido por papa dextrosa agar + 0.2% de extracto de levadura (PDA + 0.2% E.L.) más la dosis respectiva de cada tratamiento. Se determinó el valor de pH antes de efectuar el chorreado en los platos petri (Cuadro 1). Los datos registrados se procesaron mediante análisis de varianza y separación de medias según Duncan al 5% en el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System). Los tratamientos y dosis de producto comercial se enumeran en el Cuadro 1.

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Número de lesiones totales.
- Porcentaje de reesporulación (condición de gemas removidas, "R").
- Porcentaje de gemación (condición de gemas sin remover, "SR").
- Crecimiento radial del micelio en mm sobre medio de cultivo PDA + 0.2% E.L.

**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos aplicados en el ensayo de eficacia biológica del ácido propiónico + cal contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y valor obtenido de pH en la prueba de platos petri. San José, Costa Rica, 1999.

TRATAMIENTO	Horas después de la inoculación			
	48	96	144	192
pH 4	3.2 (d)	7.8 (d)	11.6 (d)	16.2 (d)
pH 5	9.2 (a)	17.6 (a)	26.8 (a)	38.0 (a)
pH 6	8.2 (b)	15.2 (b)	23.8 (b)	32.2 (b)
pH 7	7.2 (c)	14.0 (bc)	21.0 (c)	28.8 (c)
pH 8	7.0 (c)	13.0 (c)	19.8 (c)	27.0 (c)

(\*) = Producto Comercial

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Prueba en bandejas:

En el Cuadro 2 se observan los resultados obtenidos. En el número de lesiones totales, tanto en la condición de gemas removidas (R) como en la condición de gemas sin remover (SR) no hubo diferencias significativas entre tratamientos. La situación cambia un poco cuando se considera el efecto de los tratamientos sobre el porcentaje de reesporulación y sobre el porcentaje de gemación. Para el primer caso, es decir para la condición R en la primera evaluación no se presentaron diferencias estadísticas, pero en la segunda y tercera evaluación si hubo diferencias. En la segunda evaluación (4 días después de la aplicación) la dosis más alta del ácido propiónico + cal no difirió estadísticamente con el fungicida

cyproconazole, ambos presentaron los porcentajes más bajos de reesporulación (18.16% y 6.58% respectivamente). Asimismo estos dos tratamientos difirieron estadísticamente con el resto de los tratamientos aplicados. En la tercera evaluación (8 días después de la aplicación) de nuevo los tratamientos anteriores mostraron los niveles más bajos de reesporulación, con 30.63% y 1.32%. Ambos tratamientos presentaron diferencia estadística con el testigo. Los resultados para el caso de esta variable indican que la dosis más elevada de ácido propiónico + cal (20cc/l) ejerce un efecto preventivo al disminuir, luego de la remoción de las gemas, la capacidad de reesporulación del hongo. Posiblemente el efecto lo establece contra la producción de ácido oxálico producido por el hongo y como resultado ocurre la

formación de numerosos cristales de oxalato de calcio. En la Cuadro 2 se observa como contrastan en su acción el ácido propiónico + cal (20cc/l) y el cyproconazole con respecto al testigo.

Para el segundo caso, es decir para la "condición SR" se presentó una situación similar a la anterior, pero referido más que todo a la dosis más alta del ácido propiónico + cal. En la primera evaluación no se presentaron diferencias estadísticas, mientras que en la segunda y tercera evaluación si las hubo. A los 4 días después de la aplicación (2<sup>da</sup> evaluación) esta dosis difirió estadísticamente del testigo y de las dos dosis inferiores de ácido propiónico + cal; tendencia que se mantuvo, aún luego de los 8 días después de la aplicación. Lo anterior parece indicar que la dosis de 20cc/l de ácido propiónico + cal tuvo algún efecto erradicante sobre las gemas del hongo. En la primera evaluación se tiene un porcentaje de gemación de 40.51% y en la segunda evaluación baja a 24.35%. Sin embargo en la tercera evaluación tiende a aumentar llegando a un valor de 36.63% de gemación; debido posiblemente al manejo del experimento, el cual requirió en todo momento darle las condiciones adecuadas al hongo

para su manifestación. Esto hace suponer que el efecto de dicho producto en primera instancia fue de "choque", luego el hongo obtiene nuevamente las condiciones apropiadas para su expresión y sobrepasa el efecto que estaba ejerciendo el producto, lo cual significa que a pesar de que el trabajo se ejecutó bajo condiciones semicontroladas, siempre se evidenció que es indispensable obtener una mejor adherencia tanto en el hongo, en este caso sobre las gemas; como sobre el follaje. La persistencia y la tenacidad son básicos en la definición del poder residual del producto. La precipitación, entre otros factores climáticos, juega un papel importante en la diseminación del hongo; por lo tanto es relevante la obtención de una formulación apropiada o la mezcla física con algún otro producto para obtener mejores resultados en campo. Es importante indicar que el fungicida cyproconazole presentó un pobre efecto erradicante sobre las gemas del hongo. En el Cuadro 2 se observan las diferencias presentadas tanto en la segunda como en la tercera evaluación del ácido propiónico + cal (20cc/l) en contraste con el tratamiento testigo.

**Cuadro 2.** Resultados obtenidos en las variables analizadas, según Duncan <sup>(1)</sup> al 5%. Ensayo de eficacia biológica del ácido propiónico + cal contra el ojo de gallo, bajo condiciones de laboratorio (prueba de bandejas). San José, 1999.

TRATAMIENTO	# LESIONES TOTALES		% REESPORULACION (R)			% GEMACION (SR)		
	R	SR	Días después de aplicación			Días después de aplicación		
			0	4	8	0	4	8
1. Ac. propiónico + cal (5cc/l)	20.75 (a)	31.75 (a)	0 (a)	39.18 (a)	42.67 (ab)	36.66 (a)	51.23 (a)	61.53 (a)
2. Ac. propiónico + cal (10cc/l)	19.25 (a)	27.25 (a)	0 (a)	42.97 (a)	52.44 (a)	39.64 (a)	59.51 (a)	59.84 (a)
3. Ac. propiónico + cal (20cc/l)	21.50 (a)	25.75 (a)	0 (a)	18.16 (b)	30.63 (b)	40.51 (a)	24.35 (b)	36.63 (b)
4. cyproconazole (1.25cc/l)	18.25 (a)	22.50 (a)	0 (a)	6.58 (b)	1.32 (c)	49.47 (a)	45.38 (ab)	45.38 (ab)
5. testigo	21.25 (a)	20.0 (a)	0 (a)	39.24 (a)	58.0 (a)	43.08 (a)	54.23 (a)	65.39 (a)

R= gemas removidas, SR= gemas sin remover.

(1)= Columnas con igual letra no difieren estadísticamente.

### Prueba en platos petri:

La prueba en los platos petri utilizando como sustrato PDA + 0.2% de extracto de levadura, evidenció claramente el efecto de las tres dosis de ácido propiónico + cal (5cc, 10cc y 20cc/l) sobre el crecimiento radial del hongo. Previo a la inoculación se determinó el valor de pH de los tratamientos, en el Cuadro 1 se observa que prácticamente no hubo diferencias en cuanto a acidez o alcalinidad del sustrato utilizado, el pH de todos los

tratamientos fue bastante similar. Las tres dosis aplicadas inhibieron completamente el desarrollo micelial de *Mycena citricolor*, por el contrario en el tratamiento testigo el crecimiento radial de las hifas aumentó en forma exponencial hasta cubrir el 100% del plato petri. Lo anterior parece indicar que la producción de ácido oxálico fue totalmente neutralizado por el contenido de calcio en el sustrato. En la Figura 3 se observa los resultados obtenidos con esta prueba.

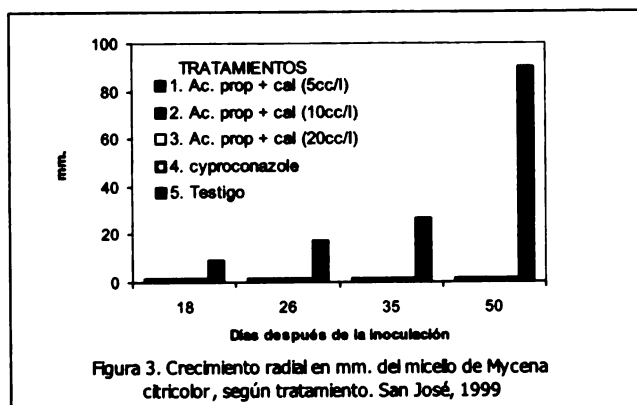


Figura 3. Crecimiento radial en mm. del micelo de *Mycena citricolor*, según tratamiento. San José, 1999

## **CONCLUSIONES**

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo se concluye lo siguiente:

La dosis más alta del ácido propiónico + cal (20cc/l) ejerció un efecto preventivo contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*). En esta variable se nota un mejor efecto preventivo con el tratamiento relativo, es decir con el cyproconazole a la dosis de 1.25cc de producto comercial / litro.

Para el porcentaje de gemación (condición de gemas sin remover) la dosis más alta del ácido propiónico + cal ejerció un efecto erradicante sobre las gemas o cabezitas del hongo. En esta variable el fungicida cyproconazole no mostró un efecto erradicante sobre dichas estructuras.

Todas las dosis evaluadas del ácido propiónico + cal inhibieron totalmente la expansión del micelio del hongo en la prueba de platos petri; lo cual es un posible efecto del producto para neutralizar el ácido oxálico producido por el hongo.

Tanto en el porcentaje de reesporulación como en el porcentaje de gemación, el tratamiento testigo obtuvo una mayor incidencia de nuevas gemas y de gemas establecidas, respectivamente.

Se sugiere evaluar formulaciones apropiadas de este producto o mezclas con otras sustancias químicas que le provean una mejor persistencia y tenacidad bajo condiciones de campo.

## EVALUACION *IN VITRO* DE LA VALIDAMICINA CONTRA EL OJO DE GALLO (*Mycena citricolor*) EN CAFÉ

Luis Vargas Cartagena<sup>1</sup>

### RESUMEN

Con el objetivo de evaluar la eficacia biológica de la validamicina contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café, se estableció un experimento bajo condiciones de laboratorio, mediante la prueba con bandejas y platos petri. El trabajo se ubicó en el laboratorio del Depto de Protección de Cultivos del Ministerio de Agricultura y Ganadería durante el mes de marzo del 2000. Los tratamientos fueron los siguientes: 1. validamicina 5% (10cc de producto comercial (P.C.)/l), 2. validamicina 30% (formulación clara) a la dosis de 1.66g P.C./l, 3. validamicina 30% (formulación oscura) a la dosis de 1.66g P.C./l y 4. Testigo absoluto. La unidad experimental constó de 6 hojas con presencia de lesiones (promedio de 5 lesiones / hoja) provenientes de una plantación de café con inóculo residual. Se efectuaron seis evaluaciones: un día antes de la aplicación, 4, 7, 11, 15 y 18 días después de aplicados los tratamientos. En la prueba de platos petri los períodos de evaluación fueron a los 3, 5, 6, 7 y 8 días luego de la inoculación y utilizando como sustrato papa dextrosa agar sin acidificar. En la prueba de bandejas los resultados indican que todos los tratamientos con validamicina mostraron un excelente efecto preventivo contra el desarrollo de nuevas estructuras de dispersión del hongo. Desde los cero hasta los 18 días luego de la aplicación de los productos el número de lesiones esporuladas se mantuvo neutralizado. Aislamientos para recuperar el hongo, efectuados 1 mes y 7 días después de la aplicación con el tratamiento de validamicina al 5%, resultaron negativos; lo cual evidencia un posible efecto erradicante sobre el patógeno. La prueba con los platos petri mostró el efecto de la validamicina contra el crecimiento radial del hongo. Dicha acción fue más notoria con la formulación líquida (5%), la cual mostró diferencias estadísticas (DMS 1%) con el resto de

---

<sup>1</sup> Depto de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). Apdo 10094. E-mail: vargmora@racsa.co.cr

los tratamientos durante todos los períodos de evaluación. En ambas metodologías el testigo mostró los mayores niveles de reesporulación y crecimiento radial del hongo.

**Palabras clave:** Café, Combate químico, Mycena

## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo de este trabajo fue la determinación de la eficacia biológica de la validamicina sobre la reesporulación y desarrollo micelial del hongo *Mycena citricolor*.

## **MATERIALES Y METODOS**

El experimento se ubicó en el Laboratorio del Departamento de Protección de Cultivos (MAG) situado en Sabana Oeste, San José durante el mes de marzo del 2000. El diseño empleado fue un irrestricto al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones. La unidad experimental constó de 6 hojas con presencia de lesiones (promedio de 5 lesiones / hoja) provenientes de una plantación de café con inóculo residual. Las hojas se colocaron en bandejas plásticas de 7x15x30 cm con espuma, papel aluminio y cubiertas con plástico para mantener la

humedad. La aplicación de los productos se hizo con bomba manual de 1 litro de capacidad. Se efectuaron seis evaluaciones: un día antes de la aplicación, 4, 7, 11, 15 y 18 días después de aplicados los tratamientos. Paralelo a esta prueba también se valoró el crecimiento micelial sobre un substrato artificial en platos petri, constituido por papa dextrosa agar sin acidificar; los cuales contenían la dosis respectiva de cada tratamiento. A los mismos se les determinó el valor de pH antes de efectuar el chorreado en los platos petri (Cuadro 1). Los períodos de evaluación fueron a los 3, 5, 6, 7 y 8 días luego de la inoculación. Al igual que la prueba de bandejas el diseño empleado fue un irrestricto al azar con 4 tratamientos y 5 repeticiones.

Los datos registrados en ambas pruebas se procesaron mediante análisis de varianza y separación de medias según DMS al 1%. Los tratamientos y dosis de producto comercial fueron los siguientes:



**Cuadro 1.** Descripción de los tratamientos aplicados en el ensayo de eficacia biológica de la validamicina contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) y valor obtenido de pH en la prueba de platos petri. San José, 1999.

TRATAMIENTO	Dosis P.C. <sup>(*)</sup> /l (prueba bandejas)	VALOR pH (prueba platos petri)
1. validamicina 5%	10 cc	4.99
2. validamiciana 30% (formulación clara)	1.66 g	6.15
3. validamiciana 30% (formulación oscura)	1.66 g	5.01
4. testigo	-----	5.33

(\*)= Producto Comercial.

Las variables evaluadas fueron las siguientes:

- Número de lesiones esporuladas.
- Crecimiento radial del micelio en milímetros (mm).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Prueba en bandejas

En el Cuadro 2 se observan los resultados obtenidos. Las diferencias se empiezan a observar a partir de los 7 días después de la aplicación. La aplicación de la validamicina ejerció un efecto notorio sobre la reesporulación del hongo. El número de lesiones esporuladas fue prácticamente neutralizada, desde los cero hasta los 18 días luego de la aplicación de los productos. En contraste el testigo presenta diferencias estadísticas con el resto de los tratamientos. Lo anterior parece indicar que la validamicina tiene una excelente acción preventiva sobre el desarrollo de futuras gemas o cabecitas y por ende en la formación de nuevas lesiones. De hecho, para el caso de la validamicina al 5% se tomaron

lesiones un mes y siete días luego de la aplicación del producto y se intentó recuperar el hongo en medio de cultivo papa dextrosa agar + 0.2% de extracto de levadura. El resultado reveló que *Mycena citricolor* no se desarrolló en ninguna de las 20 secciones o pedacitos de tejido afectado por el hongo; lo cual indica que aparentemente este producto ejerció una acción erradicante sobre el patógeno. En el Cuadro2 se observa como contrastan en su acción las formulaciones de validamicina con respecto al testigo.

### Prueba en platos petri:

El pH obtenido previo a la inoculación para todos los tratamientos se encuentra en un rango adecuado para el desarrollo del hongo (Cuadro 1). La prueba con los platos petri utilizando

como sustrato papa dextrosa agar sin acidificar, evidencia claramente el efecto de la validamicina sobre el crecimiento radial del hongo. Este efecto es más conspicuo en la validamicina al 5% en el cual desde los 3 hasta los 8 días luego de la inoculación mantiene casi nulo el crecimiento radial del hongo, presentando diferencia estadística con el resto de los tratamientos durante todos los períodos de evaluación (Figura 1). Las formulaciones clara y oscura de la validamicina al 30% no difieren estadísticamente entre sí, pero con respecto al testigo si presentan diferencias. El testigo aumentó en forma exponencial

hasta cubrir el 100% del plato petri. Cabe mencionar también que las formulaciones clara y oscura, aún cuando manifestaron acción contra el hongo, mostraron en todas sus repeticiones la presencia de contaminantes (hongos, bacterias y levaduras). Ambas formulaciones eran en polvo mojable. En contraste la formulación líquida (validamicina al 5%) y el testigo no presentaron contaminantes (Figura 2). Lo anterior indica que la formulación líquida es más estable y pura en su preparación que la formulación en polvo mojable. En el Cuadro 3 se observan los resultados obtenidos con esta prueba.

**Cuadro 2.** Resultados obtenidos en la variable de número de lesiones esporuladas de *Mycena citricolor* vs concentraciones de validamicina, según prueba de DMS al 1%. <sup>(1)</sup> Laboratorio de Protección de Cultivos. Marzo, 2000.

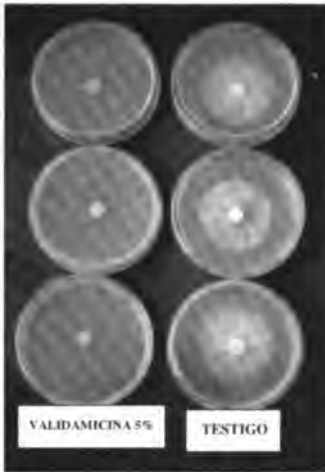
TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA INOCULACION				
	3	5	6	7	8
1. validamicina 5%	0.0 (c)	0.0 (c)	0.0 (c)	1.0 (c)	1.2 (c)
2. validamicina 30% (formulación clara)	1.2 (b)	3.4 (b)	6.2 (b)	6.8 (b)	7.6 (b)
3. validamicina 30% (formulación oscura)	1.0 (b)	3.4 (b)	6.4 (b)	7.4 (b)	8.0 (b)
4. testigo (PDA sin acidificar)	8.8 (a)	16.4 (a)	24.2 (a)	30.2 (a)	35.8 (a)

(1)= Columnas con igual letra no difieren estadísticamente.

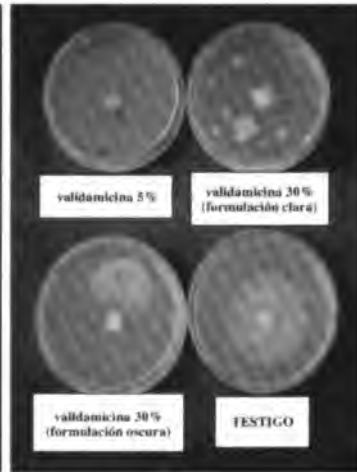
**Cuadro 3.** Resultados obtenidos en la variable de crecimiento micelial en mm de *Mycena citricolor* vrs concentraciones de validamicina, según prueba de DMS al 1%. <sup>(1)</sup> Laboratorio de Protección de Cultivos. Marzo, 2000.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DE LA INOCULACION				
	3	5	6	7	8
1. validamicina 5%	0.0 (c)	0.0 (c)	0.0 (c)	1.0 (c)	1.2 (c)
2. validamicina 30% (formulación clara)	1.2 (b)	3.4 (b)	6.2 (b)	6.8 (b)	7.6 (b)
3. validamicina 30% (formulación oscura)	1.0 (b)	3.4 (b)	6.4 (b)	7.4 (b)	8.0 (b)
4. testigo (PDA sin acidificar)	8.8 (a)	16.4 (a)	24.2 (a)	30.2 (a)	35.8 (a)

(1)= Columnas con igual letra no difieren estadísticamente.



**Figura 1.** Efecto de la validamicina al 5% vrs



**Figura 2.** Validamicina *in vitro*, nótese la testigo presencia de contaminantes en las formulaciones al 30%.

## CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos en este trabajo se concluye lo siguiente:

Las dosis evaluadas de las concentraciones de validamicina ejercieron un excelente efecto preventivo contra la reesporulación del hongo.

La validamicina al 5% mostró la mejor acción contra el desarrollo micelial del hongo.

Tanto en la prueba de bandejas como en la de platos petri, el tratamiento testigo obtuvo los niveles de reesporulación y de crecimiento radial más altos; respectivamente.



## EVALUACIÓN DE DAÑOS ECONÓMICOS CAUSADOS POR *Rosellinia sp* EN UN ÁREA AFECTADA POR EL PATÓGENO

Fabio Bautista Pérez<sup>1</sup>  
Mario Magdiel Salazar<sup>1</sup>

### RESUMEN

Con el propósito de determinar la tasa de incremento anual (TIA), Tasa de mortalidad anual (TMA) y estimar la pérdida económica en un área afectada por *Rosellinia sp*, se realizó un estudio en la Finca La Perla, Cantón El Jícaro, Municipio de Tecapán, Departamento de Usulután a una altura de 730 msnm, con una densidad de población de 3,333 plantas/mz, variedades Bourbon y Pacas, podadas en forma apreciativa en múltiples verticales, con un promedio de cosecha de 15 qq/mz y bajo sombra de *Inga sp*. Las características reportadas para el área son: Suelo con textura franco arenoso, pH 4.4; materia orgánica 3.1; Precipitación media anual 2252 mm; Humedad relativa media anual 75%; Temperatura media 24 °C y topografía semiplana.

Para realizar el estudio se tomó como base un área afectada con *Rosellinia* que inicialmente era de 406.51 m<sup>2</sup> y al final de seis años fue de 1,858.04 m<sup>2</sup>, se realizó conteo de plantas muertas, se estimó el costo de la planta desde la siembra hasta el momento de la producción y el valor de la cosecha dejado de percibir, considerando los rendimientos promedios de un área sana de acuerdo a los registros de la finca y rendimientos promedios de la zona. Con la información obtenida se estimó la tasa de incremento del área afectada (TIA), tasa de mortalidad de plantas (TMA) y pérdida económica causada por *Rosellinia*.

Los resultados obtenidos mostraron que la tasa de incremento del área afectada o tasas de invasión (TIA) estimada para un período de 6 años (1993-1998) fue de 372%, siendo el promedio anual de 62.03%, lo cual puede considerarse un avance rápido de la enfermedad. La tasa de mortalidad de plantas en el área estudiada fue de 89.58% para el período

---

<sup>1</sup> Ings. Agrs. M.Sc. Técnicos Investigadores, PROCAFÉ, Final 1ª. Av. Norte, Fte. Residenciales Monte Sión, Nueva San Salvador, El Salvador, C.A. 2000.  
email: procafé@es.com.sv. PBX 288-3088, FAX 228-0669

de 6 años y el promedio anual fue de 14.93%, esto indica que en dicha área se perdían aproximadamente 15 plantas al año, lo cual afectaba la producción y se estimó que en una manzana (0.7 ha) la pérdida anual a causa de la enfermedad fue de  $\text{¢}2,986.40$  ( $\text{\$}342.43$ ).

**Palabras clave:** *Rosellinia sp*, Tasa de incremento del área afectada por el hongo (TIA), Tasa de mortalidad anual (TMA), pérdida económica.

## INTRODUCCIÓN

La enfermedad conocida como “podredumbre negra” de la raíz del café causada por el hongo *Rosellinia sp*, se encuentra diseminada en la mayoría de las áreas cafetaleras de El Salvador, donde su ataque se inicia en los árboles de sombra permanente (*Inga sp*) y temporal (*Solanum sp*), así como en algunas malezas de hoja ancha (*Petiveria alliacea*, *Iresine sp*, *Solanum nigrum*, etc) (Bautista, 1998).

El daño que causa el hongo es una podredumbre de la corteza de las raíces, la que al descomponerse y en condiciones de alta humedad se recubre de un micelio de color negro lo que da origen al nombre de “podredumbre negra” de la raíz; al diseminarse la enfermedad se observan “mogotes” o “focos” diseminados en el cafetal (Bautista, 1998). En general para patógenos del suelo no existen modelos de dispersión que puedan explicar la diseminación de los hongos (Guilligan, 1983). Miller, 1975 considera que muchos patógenos

del suelo causan aproximadamente el mismo porcentaje de daño una temporada tras otra y entre los factores que deben ser tomadas en cuenta para determinar dichos porcentajes de pérdida está la correlación entre la cantidad de infección y la pérdida resultante, así como la etapa de desarrollo de la planta hospedante en el momento que se produce la infección.

La pérdida de cafetos por *Rosellinia* reduce la producción y de acuerdo al Plan de Acción de la Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café (PROCAFÉ 1996), se estimó que el área cafetalera con presencia de *Rosellinia* era de 84,842 mz, diseminada en todo el país, donde 2,300 mz estaban severamente infectadas por la enfermedad; esto causó una reducción de 29,900 qq de café oro, lo que a un precio de venta de  $\text{¢}550.00$  hace una pérdida total de  $\text{¢}16,445.00$  (precio tomado del Consejo Salvadoreño del Café, CSC, febrero 1999).

El presente estudio se realizó con el objetivo de estimar la tasa de in-

crecimiento de la enfermedad, tasa de mortalidad y las pérdidas económicas causadas por el hongo *Rosellinia* en un área afectada por el patógeno.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para realizar el estudio se tomó como base un área afectada con *Rosellinia*, donde fue realizado un ensayo para el combate del hongo en el período de junio de 1992 a abril de 1995; se ubicó en la finca La Perla, Cantón El Jícaro, Municipio de Tecapán, Departamento de Usulután. El área de la finca es de 40 mz y está ubicada a una altura de 730 msnm, con una densidad de población de 3 333 plantas/mz, de las variedades Bourbon y Pacas, bajo sombra de *Inga sp* y un promedio de cosecha de 15 qq/mz, el cafetal es podado en forma apreciativa y en la finca existen áreas dispersas atacadas con *Rosellinia sp*, partiendo del foco inicial representado por 406.51 m<sup>2</sup>, se midió el área circundante infectada en la actualidad; a esta área se le restó el área representada por el foco inicial y se dividió entre seis años, considerando que el foco inicial fue detectado en 1992. Con esta información se determinó la tasa de incremento anual del área afectada o tasa de invasión anual (TIA) utilizando la siguiente fórmula:

$$TIA = \frac{[(AFA - AIA) / AIA] \times 100}{N}$$

Donde TIA = Tasa de incremento del área afectada  
AFA = Área final afectada  
AIA = Área inicial afectada  
N = Número de año de observación

Posteriormente, se hizo un conteo de plantas muertas del área afectada con el propósito de evaluar la pérdida económica, tanto por las plantas que murieron así como por la cosecha dejada de percibir por el caficultor. Para fines de evaluación económica se estimó el costo de la planta desde la siembra hasta el momento de la producción y el valor de la cosecha dejado de percibir, considerando los rendimientos promedios de un área sana de acuerdo a los registros de la finca y rendimientos promedios de la zona.

Para estimar la tasa anual de mortalidad de plantas (TMA) se utilizó la fórmula siguiente:

$$TMA = \frac{[(PVI - PVF) / PVI] \times 100}{N}$$

Donde: TMA = Tasa de mortalidad anual  
PVI = Plantas vivas iniciales  
PVF = Plantas vivas finales  
N = Número de años de observación

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se observa el área inicial infectada (406.51 m<sup>2</sup>) y el área de diseminación final de la enfermedad (1,858.04 m<sup>2</sup>); con la información obtenida se procedió al cálculo de las variables en estudio.

### A. Tasa de incremento anual del área afectada (TIA)

$$TIA = \frac{[(1858.04 - 406.51)/407 - 17]}{6} \times 100$$

$$TIA = [241.92/390] \times 100$$

$$TIA = 0.6203 \times 100$$

$$TIA = 62.03\%$$

### B. Tasa de Mortalidad anual (TMA)

$$TMA = \frac{[(883-92)/883]}{6} \times 100$$

$$TMA = [0.1493] \times 100$$

$$TMA = 14.93\%$$

### C. Pérdida económica causada por *Rosellinia* sp

En los cuadros 1 y 2 se observan los datos de encuesta y pérdida anual por reposición de plantas y en la producción de área afectada con *Rosellinia* versus área sana.

**Cuadro 1.** Datos de encuesta para la evaluación de daños de *Rosellinia* sp, Finca La Perla, Tecapán, Usulután, El Salvador, 1999.

DESCRIPCIÓN	Indicadores por mz (0.7 ha)
<b>Área afectada</b>	
Densidad de plantas por manzana	3333
Período de reposición de plantas	ANUAL
Plantas reposición área afectada 18.0%	600.00
No. plantas que quedan vivas	200.00
Plantas que se pierden	400.00
Porcentaje de pérdida	67%
Costo por planta	2.80
Producción en quintales uva	30
Producción en quintales oro uva	6
<b>Área no afectada (sanas)</b>	
Período de reposición	ANUAL
Plantas en reposición 5%	167
No. plantas que quedan vivas	150
Plantas que se pierden	17
Porcentaje de pérdida	10%
Costo por planta	2.8
Producción en quintales uva	37.5
Producción actual en qq-oro	7.5

Para la estimación de la pérdida económica se tomó en cuenta el costo del mantenimiento del área del cafetal infectada y el área del cafetal sano (cuadro 2) y se estimó que la pérdida anual asciende a

¢2,986.40/mz (\$342.47/0.7 ha).

La tasa de incremento del área afectada (TIA) calculada en un período de seis años (1993-1998) fue de 372% y anualmente fue de 62.03%, lo cual puede consi-



derarse como un avance rápido de la enfermedad a pesar de que ésta por ser una enfermedad de ciclo simple su mecanismo de diseminación se considera lento y no posee conidiosporas infectivas y además la infección solamente se da a través del micelio, principalmente cuando una raíz infectada hace contacto con

una raíz sana produciendo “focos” o “mogotes” de plantas enfermas, lo cual es una característica que se destaca en esta enfermedad (Bautista, 1998). Lo relacionado con el avance rápido de la enfermedad se debe posiblemente a la cantidad alta de inóculo primario presente en el área afectada (González, 1975).

**Cuadro 2.** Estimación de pérdida anual en reposición de plantas y en la producción de área afectada con *Rosellinia* sp vs. Área sana, Finca La Perla, Tecapán, Usulután, El Salvador, 1999.

INSUMOS Y ACTIVIDADES	Unidad de medida	Costo por unidad	COSTO ÁREA	
			<i>Rosellinia</i>	Sana
1 Plantas	Unidad	2.80	1680.00	467.60
2 Counter establecimiento (25 gr/planta)	Gramo	0.03	450.00	125.25
3 Urea (4 onzas/planta)	Onza	0.13	312.00	86.84
4 Sulfato de Amonio (4 onzas/planta)	Onza	0.12	288.00	80.16
5 Hechura de hoyos/día	Unidad	0.75	450.00	125.25
6 Siembra de plantas	Plantas	0.13	78.00	21.71
7 Aplicación de Counter (¢/planta)	Plantas	0.05	30	8.35
8 Aplicación de Urea (¢/planta)	Plantas	0.05	30	8.35
9 Aplicación de Sulfato	Plantas	0.05	30	8.35
10 TOTAL			3348.00	931.86
11 Costo de reposición por planta	¢/planta		5.59	5.59
12 Pérdida por reposición plantas/manzana <sup>1/</sup>	¢/mz		2236.40	95.05
13 Pérdida en producción área afectada <sup>2/</sup>	¢/mz		750.00	---
14 Pérdida total por área	colones		2986.40	95.05

1/ Número de plantas de resiembra perdidas por el costo de plantas resembradas

2/ Pérdida económica en la producción: = (Producción de café área sana - Producción de café área afectada) Σ Precio venta = (7.5 qq oro uva - 6 qq oro uva) x ¢500.00

La tasa de mortalidad anual en el área afectada en un período de 6 años (1993-1998) fue de 89.58% y anualmente fue de 14.93%, esto indica que en el área afectada se perdían aproximadamente 15 plantas al año, lo cual redujo la producción en dicha área, estimándose que en una manzana la pérdida anual sería de ¢2,986.40, una cantidad elevada con relación a las plantas sanas que

tienen un gasto (inversión) de ¢95.05.

## CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y en las condiciones en que se realizó el estudio se concluye:

La tasa del incremento anual del área afectada (TIA) fue alta siendo de 62.03%

La tasa de mortalidad anual en el área de estudio fue de 14.93%

La pérdida estimada por manzana en el área afectada fue de ₡2,986.40

### CITAS BIBLIOGRÁFICAS

BAUTISTA - PÉREZ, F. 1998. Enfermedades del Cultivo del Cafeto. In Manual del Caficultor Salvadoreño, Nueva San Salvador, PROCAFÉ. P98-101.

GILLIGAN, C. A. 1983. Modeling of Soilborne pathogens. In Ann. Ru. Phytopathol. 21: 45-64.

GONZÁLEZ, L.C. 1975. Introducción a la Fitopatología, San José, Costa Rica. IICA, p 104-106.

MILLER, P. R. 1975. Importancia de las pérdidas por enfermedades de las plantas. In Fitopatología. Curso Moderno, Tomo I. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. p 192-195.

PROCAFÉ, 1996. Plan de Acción 1996. Snt.

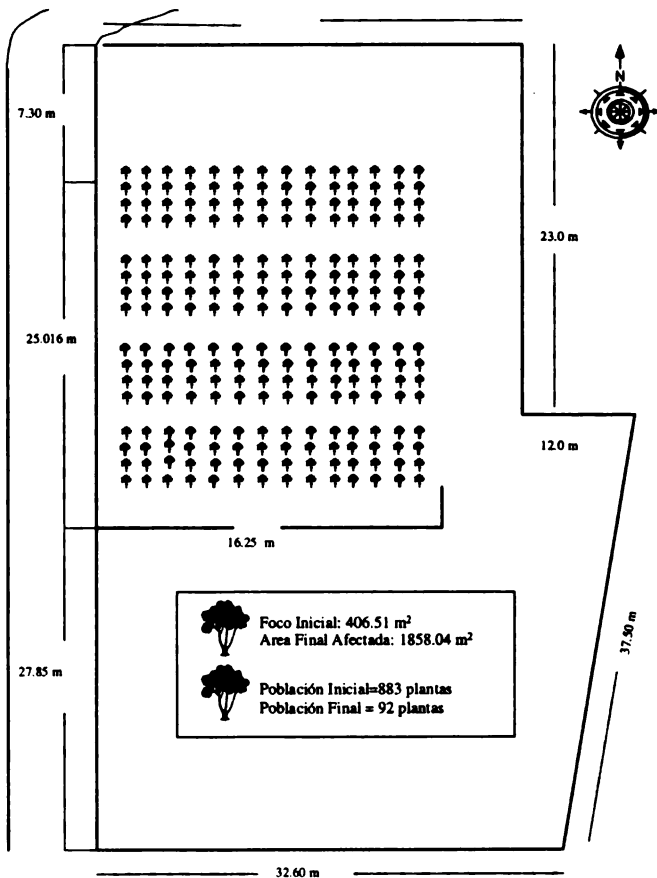


Figura 1. Plano del área de estudio. Finca La Perla, Tecapán, Usulután, 1999.

- **BENEFICIADO  
Y CALIDAD DE CAFÉ**



## **COMPORTAMIENTO DE LOS RENDIMIENTOS DE BENEFICIADO DE CAFÉ DE COSTA RICA POR ZONAS DE PRODUCCIÓN, SEGÚN REGISTROS DE 15 AÑOS.**

*José María Alpizar<sup>1</sup>*

### **RESUMEN**

El seguimiento y monitoreo de la calidad y rendimiento del café que realiza el Instituto del Café de Costa Rica, genera anualmente gran cantidad de información de variables cualitativas y cuantitativas que caracterizan el comportamiento de café en la zonificación existente (tipos y subtipos), épocas de recolección y regiones geográficas. Con el análisis estadístico de la información disponible de los últimos 15 años, se evaluó el comportamiento de los datos en el tiempo, entre zonas. Los resultados indican con claridad que se presentan diferencias altamente significativas entre las diferentes zonas de producción (conocidas como tipos y subtipos) y las épocas de recolección del café. En general las zonas que presentaron períodos de crecimiento del fruto más prolongados, Good Hard y Strictly Hard Bean presentaron los mayores valores, 24,02 y 23,64 Kg/D. Hl. respectivamente. De forma similar, en las épocas de maduración que permiten la máxima expresión del crecimiento del fruto (óptimos y finales), se registró el mayor peso de café oro.

**Palabras clave:** café, rendimiento, zonas productoras, tipos de café.

### **INTRODUCCIÓN**

En Costa Rica la comercialización del café, se ejecuta dentro del marco dispuesto por toda una legislación cafetalera, la Ley N° 2762 del 21 de junio de 1961: "Ley sobre el régimen de relaciones entre productores, beneficiadores y exportadores de

café". Esta crea al Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) como ente rector de la caficultura y le encarga realizar un estudio de Rendimientos de Beneficiado" para cada una de las zonas productoras del país, por cuanto el productor entrega su café en fruta a una firma beneficiadora, que utiliza un sistema de medida oficial por

volumen - el doble hectolitro (D.Hl). Lo anterior, obliga a calcular una relación entre la cantidad de café que ingresa al beneficio (VOLUMEN) y la cantidad de café oro o verde obtenida (PESO).

## MATERIALES Y MÉTODOS

El programa para la determinación de rendimientos de beneficiado, lo ha realizado el ICAFE desde la cosecha 1964/1965. Actualmente el diseño de muestreo empleado es un aleatorio

estratificado, utilizando como marco muestral todos los recibidores de café inscritos ante el ICAFE. El número de muestras a tomar, se fija previamente tomando como base los recibidores inscritos, así como la varianza estadística observada para cada zona en los muestreos de años anteriores. Esta zonificación, realizada por los Ingenieros Agrónomos Rogelio Acosta y Rodrigo Cléves, con sus posteriores modificaciones, agrupa las zonas de producción cafetalera en 8 tipos y 11 subtipos:

<u>TIPOS</u>	<u>SUBTIPOS</u>
LOW GROWN ATLANTIC ..... (LGA)	Alto y Bajo
MEDIUM GROWM ATLANTIC.....(MGA)	Turrialba y Lluvioso
HIGH GROWN ATLANTIC..... (HGA)	
MEDIUM HARD BEAN..... (MHB)	Coto Brus y El General
HARD BEAN..... (HB)	Alto y Bajo
GOOD HARD BEAN..... (GHB)	
STRICTLY HARD BEAN..... (SHB)	Norte, Central y Sur
PACIFIC..... (P)	

Las muestras en cada zona son tomadas, distribuidas previamente para cada una de las épocas de maduración del café: inicios, óptimos y finales. El tamaño de la unidad muestral es de 40 litros (dos cajuelas) y para ello se emplea la medida oficial conocida como el doble decalitro o sea la cajuela.

El café en fruta es muestreado al azar, al momento de ser entregado a los recibidores o bien centrales de beneficio. Ese mismo día es llevada al Beneficio Experimental ubicado en

San Pedro de Barva, Heredia y las muestras son despulpadas; inmediatamente el café es llevado directamente a cajas plásticas especialmente adaptadas, donde se fermentará su mucílago para posteriormente lavarlos. Una vez cumplido este proceso, el café es secado al sol en los patios de beneficio o en secadoras estáticas pequeñas. La muestra seca (humedad promedio de 11 a 12%), permanece almacenada por un período que va de 3 a 6 meses. La

misma es pesada al momento de su recibo como "café en fruta", en su fase de "café pergamino" y posterior a su despergaminado, como "café oro o verde".

El objetivo del trabajo fue realizar un análisis estadístico de la información disponible de los últimos 15 años; cosechas 1983/84 a 1997/98. Se evaluó el comportamiento de los datos en el tiempo, entre los diferentes tipos y subtipos de café producidos y épocas de maduración.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al comparar las medias de rendimientos obtenidas para cada tipo de café (Cuadro 1), se observa que los mayores valores se obtuvieron para el GHB (24,02 Kg/D.HI) y el SHB (23,64 Kg/D.HI), siendo la diferencia entre ambos significativa. Luego se agruparon los tipos HGA y P, con promedios iguales estadísticamente. Con promedios iguales estadísticamente, se agrupan los tipos HB y MHB. En las categorías de menos peso pero diferentes entre ellos, están los tipos LGA y MGA.

**Cuadro 1.** Comparación de rendimientos de beneficiado en café oro, por Tipos de Café para los últimos 15 años. Cosechas 1983/84-1997/98, Costa Rica.

TIPO	CAFÉ ORO Kg/D.HI	GRUPO
GOOD HARD BEAN	24,02	a
STRICTLY HARD BEAN	23,64	b
HIGH GROWN ATLANTIC	23,20	c
PACIFIC	23,16	c
HARD BEAN	22,29	d
MEDIUM HARD BEAN	22,23	d
MEDIUM GROWN ATLANTIC	21,58	e
9	20,15	f

C.v.= 7,87 %. Nota: Medidas con diferente letra dentro de la columna difieren al nivel P0.05 según Duncan.

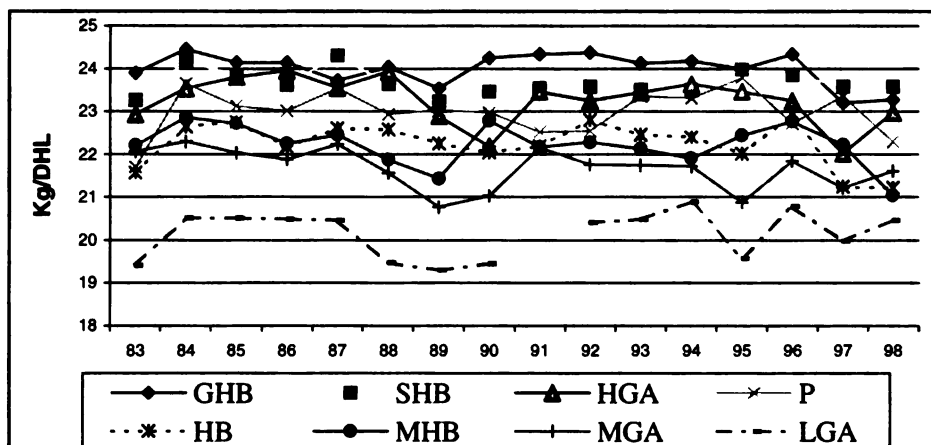


Figura 1. Tendencia del Rendimiento de Café, según los tipos, para los últimos 16 años.

En la Figura 1, se observa la tendencia registrada para los últimos 16 años y como se mantiene el comportamiento anteriormente analizado.

En Cuadro 2, se muestra el comportamiento en el peso de café oro, entre los subtipos. Solamente los subtipos El General y Coto Brus para el caso MHB y los subtipos Norte y

Sur para el tipo SHB, no mostraron diferencias significativas.

De las 14 combinaciones entre subtipos y épocas de maduración que se muestran en el Cuadro 3, en un total de 13 comparaciones se mostraron diferencias significativas entre épocas, comprobándose sin duda alguna que la época de cosecha afecta el rendimiento del café oro.

Cuadro 2. Comparación de Rendimientos de Beneficiado en café oro, por tipos y subtipos de Café para los últimos 15 años. Cosechas 1983/84-1997/98, Costa Rica.

TIPO	SUBTIPO	Kg/DHL
LOW GROWN ATLANTIC	Zona Baja	19,83 b
	Zona Alta	20,43 a
MEDIUM GROWN ATLANTIC	Lluvioso	21,18 b
	Turrialba	22,06 a
HIGH GROWN ATLANTIC		23,20
MEDIUM HARD BEAN	El General	22,46
	Coto Brus	21,96
HARD BEAN	Zona Bajas	22,05 b
	Zonas Altas	22,53 a
GOOD HARD BEAN		24,82
STRICTLY HARD BEAN	Norte	23,56 b
	Central	23,85 a
	Sur	23,62 b
PACIFIC		23,16

Medias con la misma letra dentro de la misma fila, no son significativamente diferentes (p<0.05), prueba de Duncan.



**Cuadro 3.** Comparación de Rendimientos de Beneficiado en café oro, por tipos y subtipos de Café, según épocas de maduración de cosecha para los últimos 15 años. Cosechas 1983/84-1997/98, Costa Rica.

TIPO	SUBTIPO	EPOCA DE MADURACION		
		INICIOS	OPTIMOS	FINALES
LOW GROWN	Zona Baja	17,7 c	20,02 b	21,97 a
ATLANTIC	Zona Alta	18,8 c	20,52 b	22,18 a
MEDIUM GROWN	Lluvioso	19,33 c	21,53 b	22,56 a
ATLANTIC	Turrialba	19,61 c	22,61 b	23,32 a
HIGH GROWN		21,89 b	23,46 a	23,77 a
ATLANTIC				
MEDIUM HARD	El General	20,05 c	23,04 b	23,68 a
BEAN	Coto Brus	19,82 c	22,54 b	23,01 a
HARD BEAN	Zona Baja	20,01 b	22,52 a	22,82 a
	Zona Alta	20,61 b	22,97 a	23,07 a
GOOD HARD		23,07 b	24,17 a	24,4 a
BEAN				
STRICTLY	Norte	22,86 c	23,82 a	23,29 b
HARD	Central	23,45 b	24,03 a	23,62 b
BEAN	Sur	23,38	23,69	23,57 NS
PACIFIC		21,52 b	23,44 a	23,94 a

Medias con la misma letra dentro de la misma fila, no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ), prueba de Duncan.

## CONCLUSIONES

Con el análisis estadístico de la información, se confirmó se confirmó la diferenciación existente entre los rendimientos “café cereza/oro”, de acuerdo a las zonas de producción. La época de recolección, también afecta el rendimiento del café oro.

## BIBLIOGRAFÍA

INSTITUTO DEL CAFÉ DE COSTA RICA. 1993 a 1998. Estudios del rendimiento del beneficiado de café. Centro de Investigaciones de Café (CICAFE). ICAFE. Heredia, Costa Rica.



## **CAMBIOS DEL AGUA RESIDUAL DEL CAFÉ EN UNA LAGUNA DE ESTABILIZACIÓN**

*Gerardo Lardé<sup>1</sup>,  
Saúl Jacinto<sup>2</sup>*

### **RESUMEN**

Se estudiaron los cambios experimentados por el agua residual del café retenida en una laguna de estabilización no impermeabilizada que se llenó con una mezcla de agua del lavado del café después de la fermentación y de agua de despulpado, conforme éstas iban generándose. La laguna rectangular tenía 8 m de anchura, 34 m de longitud y 1.5 m de profundidad. En el régimen discontinuo y en un periodo de 210 días se analizó la DQO, el pH, el nitrógeno nítrico y el nitrógeno amónico a muestras del agua residual retenida en la laguna. Ocurrieron cinco etapas en sucesión: estado transitorio, acidogénesis, metanogénesis, fase facultativa y fase aerobia que duraron 30, 80, 20, 20 y 60 días, respectivamente. La tasa de remoción de la demanda química de oxígeno fue más rápida en la etapa metanogénica que en la acidogénica con una constante cinética de primer orden de  $0.00619 \text{ días}^{-1}$  para la primera y una de  $0.0039 \text{ días}^{-1}$  para la segunda. Tomó 175 días remover el 92% de la DQO desde el valor máximo de  $13.16 \text{ kg/m}^3$ . La concentración de N nítrico varió entre 32 y 49 mg/l y esta forma del nitrógeno fue la fuente principal de este elemento para las algas en la fase aerobia; los niveles de N amónico comenzaron a descender cuando se alcanzaron valores del pH superiores a 7, lo que se debió más a la volatilización del amoniaco que a la nitrificación. Con mejor manejo, las lagunas de estabilización pueden ser una opción viable técnica, económica y ambientalmente.

**Palabras clave:** agua residual del café, laguna de estabilización, demanda química de oxígeno, pH, ciclo del nitrógeno, digestión anaerobia .

---

<sup>1</sup> Ingeniero Químico, Investigador en Desechos Industriales, Fundación PROCAFE, Final Primera Avenida Norte, Nueva San Salvador, El Salvador, [procafe@es.com.sv](mailto:procafe@es.com.sv)

<sup>2</sup> Extécnico Analista en Aguas, Laboratorio de Servicios Analíticos, Fundación PROCAFE

## INTRODUCCIÓN

El procesamiento de los frutos maduros de los cafetos para producir el "café verde" o "café oro" es una importante industria rural en varios países tropicales. No obstante, el uso de agua para el proceso es esencial si se han de obtener granos de café de alta calidad; en último término esto crea un riesgo de contaminar los ríos y el agua subterránea en la medida en que se generan aguas residuales ricas en sólidos orgánicos, muy turbias y muy ácidas.

En los beneficios de café de El Salvador, las lagunas de estabilización no son diseñadas ni operadas con principios ingenierísticos y se reducen a simples agujeros excavados en el suelo en los que se retiene el agua residual del café durante semanas, pero en muchos casos, la reciente legislación ambiental obligará a las industrias a mejorar la eficiencia de las lagunas.

Algunos estudios proporcionan indicios de la idoneidad de las lagunas para tratar las aguas residuales del café (Amaya de León & Bernal, 1972; García Prieto, 1969). Por ejemplo, al abordar el problema experimentalmente, García Prieto (1969) consideró como probable lograr reducciones de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) mayores al 90%. Realmente, en principio es posible diseñar lagunas para remover el grado deseado de la ma-

teria orgánica potencialmente contaminante presente en las aguas residuales (Conway & Ross, 1980; Metcalf & Eddy, 1997; Thirumurthi, 1974). Sin embargo, hasta ahora falta un estudio sistemático que describa los cambios que se dan en el agua residual del café retenida en las lagunas. Tal conocimiento es necesario para identificar las acciones que conduzcan a la mejora de la eficiencia de la depuración.

## MÉTODOS

Temprano en la cosecha 1997/1998, una laguna no impermeabilizada se llenó con una mezcla de agua del lavado del café después de la fermentación y de agua de despulpado, conforme éstas iban generándose. La laguna rectangular tenía 8 m de anchura, 34 m de longitud y 1.5 m de profundidad. La localidad está a 900 m sobre el nivel del mar; los valores anuales medios de los elementos climáticos son los siguientes: temperatura, 20 C; humedad relativa del aire, 80%; radiación, 24.96 MJ/m<sup>2</sup>; precipitación, 1 884 mm.

El curso de la descomposición en el régimen discontinuo se siguió mediante el análisis de muestras simples tomadas periódicamente de la superficie del agua. En la muestra homogeneizada se determinaron: la demanda química de oxígeno (DQO) por el método de digestión en reac-

tor (HACH, 1992); el pH, potenciométricamente; el nitrógeno nítrico, por el método de reducción con cadmio (HACH, 1992) y el nitrógeno amónico por el método de Nessler (HACH, 1992).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Sucesión en la laguna

Para propósitos prácticos, cinco etapas claramente diferenciadas aparecieron secuencialmente en la laguna, según lo muestra la variación de la DQO y el pH (figura 1).

La fase I duró los primeros 30 días. Fue una etapa transitoria en la que se incrementó la concentración, quizás a causa de cargas a la laguna no registradas o al predominio del efecto concentrador que posiblemente la evaporación natural tuvo en esta fase sobre la disminución de la DQO debida a las reacciones bioquímicas.

La fase II se identifica con la etapa acidogénica de la digestión anaerobia y duró 80 días (del día 30 al día 110). La DQO disminuyó en forma más bien lenta a una tasa constante mientras que el pH, después de permanecer constante por varias semanas, comenzó a aumentar en los últimos 30 días de 4.6 a 5.3. Este comportamiento es comparable al observado en otro estudio (Amaya de León & Bernal, 1972) en el que, en un periodo de 56 días, la DBO disminuyó de 15 kg/m<sup>3</sup> a 6.67 kg/m<sup>3</sup>

mientras que el pH aumentó de 4.2 a 5.0.

La fase III, que puede considerarse como la etapa metanogénica de la digestión anaerobia, se caracterizó por una alta tasa constante de remoción de la DQO que se manifestó en la formación de abundantes burbujas y por un notable aumento del pH de 5.3 a 8.2. Esta fase se extendió del día 110 al día 130, un periodo relativamente corto si se compara con la duración de la fase II.

La fase IV corresponde a la etapa facultativa de la laguna y se extendió del día 130 al día 150. La tasa de remoción de la DQO fue menor que la observada en la fase III y la formación de burbujas fue poco intensa. Se observaron libélulas revoloteando sobre la laguna y una numerosa población adulta de individuos de cierta especie del orden *Diptera* que permanecían posados sobre el agua; por su parte, ésta comenzó a adquirir una tonalidad verdosa debida a las algas. Respecto a esta observación, la concentración que alcanzó la DQO al final de la fase (1.035 kg/m<sup>3</sup>) se compara con el valor de 1.5 kg/m<sup>3</sup> a partir del cual el tratamiento de aguas residuales del café con jacinto acuático (*Eichhornia crassipes*) se vuelve factible (Robles *et al.*, 1983). Ambos valores definen el rango de la DQO para la condición facultativa. La fase V fue la etapa final aerobia caracterizada por un volumen some-

ro de agua y las condiciones típicas del ambiente de un estanque natural. La DQO se estabilizó en el valor medio de  $1.015 \text{ kg/m}^3$ , pero hubo un florecimiento de algas que causó un máximo casi al final del estudio. El agua se hizo aproximadamente 10 veces más alcalina respecto a las condiciones de la fase facultativa posiblemente debido a la utilización del bióxido de carbono por las algas para su actividad fotosintética (Metcalf & Eddy, 1997); el pH subió arriba de 9 y se estabilizó alrededor de 9.5 al final; esta relativa constancia del pH posiblemente se debió a la precipitación del carbonato cálcico (Metcalf & Eddy, 1997). Tomó un largo periodo de 175 días remover el 92 % de la DQO desde el valor máximo de  $13.16 \text{ kg/m}^3$ .

### Nitrógeno nítrico y nitrógeno amónico

El N nítrico sufrió pocas variaciones con el tiempo (figura 2). El N amónico, en cambio, aumentó hasta que el agua alcanzó una condición alcalina (pH superior a 7), punto a partir del cual disminuyó (figura 2). En los primeros 40 días de la fase aerobia el N nítrico aumentó, lo que indica que hubo cierta nitrificación; sin embargo, en vista de que entre los 130 y 160 días la concentración del N nítrico sufrió pocos cambios (varió entre 32 y 49 mg/l con una media de 41.9 mg/l), la disminución de la concentración del N amónico

no se debió predominantemente a la nitrificación sino a la pérdida de amoniaco debida al exceso de alcalinidad, según se sigue del equilibrio de la disolución del amoniaco en agua. Las pérdidas por volatilización del amoniaco son importantes en las lagunas de estabilización en las que ocurren grandes variaciones del pH y periodos de retención prolongados (Metcalf & Eddy, 1997). Las concentraciones bajas del N amónico en la última etapa de la fase aerobia indican que la fuente principal del N para las algas fue el N nítrico.

### Consideraciones cinéticas

La cinética de las fases acidogénica y metanogénica se estudió mediante el modelo de primer orden

$$dC / dt = -kC \quad [1]$$

en el que

C : concentración de la DQO

k : constante de la reacción

t : tiempo

que conduce a la ecuación

$$\ln ( C_0 / C ) = kt \quad [2]$$

en la que

$C_0$  : concentración inicial de la DQO

Los datos de la laguna se compararon con los provenientes de estudios de laboratorio realizados con agua de

lavado, todos referidos al tiempo real de la reacción. Se halló que el modelo de primer orden se ajusta adecuadamente a los datos experimentales (cuadro 1).

Las constantes de la reacción indican que la etapa de acidogénesis es más rápida en el agua de lavado que lo que fue en la laguna (cuadro 1). Es de esperar que la formación de ácidos sea más expedita en un sustrato constituido básicamente por carbohidratos, como es el caso del agua de lavado, que en un sustrato como el de la laguna del estudio, originado en la mezcla del agua de lavado con el agua del despulpamiento químicamente más compleja. La metanogénesis fue más rápida en la laguna si se compara con lo que

ocurrió en el caso del agua de lavado (cuadro 1). Esto podría deberse a una posible deficiencia de nutrimentos originada por la composición relativamente simple del agua de lavado, mientras que en el agua del despulpado es de esperar que los elementos nutritivos estén más balanceados para sostener la actividad de las bacterias metanógenas.

Este análisis, aunque preliminar, sugiere que en la práctica, el agua de lavado debería mantenerse separadamente del agua de despulpado para permitir que la acidogénesis proceda óptimamente hasta cierto punto. Luego, se mezclaría con el agua de despulpado para optimizar la etapa metanogénica.

**Cuadro 1.** Análisis de regresión y correlación de la cinética de la descomposición de los sólidos presentes en las aguas residuales del café <sup>1</sup>.

	C <sub>0</sub> (kg DQO/m <sup>3</sup> )	k (día <sup>-1</sup> )	coeficiente de correlación	cantidad de datos
<b>Fase acidogénica</b>				
agua de lavado <sup>2</sup>	25.2	0.0074	0.964	7
laguna	13.2	0.0039	0.795	9
<b>Fase metanogénica</b>				
agua de lavado <sup>2</sup>	3.2, 3.9	0.0196	0.650	11
laguna	10.3	0.0619	0.992	4

<sup>1</sup> ecuación de regresión :  $\ln (C_0 / C) = kt$ , ajustada para pasar por el origen de coordenadas

<sup>2</sup> reactor discontinuo de 3 litros, temperatura : 20 – 30 C; datos inéditos

## CONCLUSIÓN

La disminución de la DQO observada en el estudio indica que las lagunas de estabilización son efectivas para el tratamiento de las aguas residuales del café aún cuando no se intervenga en el proceso. Esto puede ser importante en países en los que predomine el beneficiado de café de pequeña escala y que estén dando los primeros pasos en cuanto a la aplicación de las leyes ambientales. Las limitaciones de este modo de operación son: 1) se requieren prolongados periodos para estabilizar la materia orgánica, 2) se generan malos olores y 3) se requiere mucha superficie. No obstante, históricamente las lagunas son el método más común para el tratamiento de aguas residuales donde hay suficiente terreno disponible (Eckenfelder Jr., 1966). El control del pH es esencial para reducir el tiempo necesario para la degradación, es decir, para acortar la etapa de acidogénesis. Respecto al impacto ambiental que pueda causar el agua infiltrada por el fondo de la laguna, el riesgo de perturbar el suelo es bajo pues ya a un metro de profundidad no se han en-

contrado cambios en la química del suelo por efecto del agua infiltrada (Barrios *et al.*, 1998). Por otra parte, el único factor potencialmente contaminante del agua subterránea es el N nítrico. Sin embargo, las concentraciones de N nítrico en el agua residual retenida encontrados en este estudio indican que el riesgo es bajo si en los suelos no predomina la arena y si el agua subterránea está profunda, por ejemplo, a más de 10 m de la superficie.

Los resultados indican que con mejor manejo, las lagunas de estabilización pueden ser una opción viable técnica, económica y ambientalmente.

## RECONOCIMIENTOS

El Ing. Óscar Hernández, Auxiliar de Investigación del Laboratorio de Servicios Analíticos de PROCAFE colaboró en la toma de las muestras de aguas residuales. El Ing. Luis Alonso Saravia, Técnico Investigador en Agrometeorología de PROCAFE proporcionó los datos climáticos. El personal del Beneficio El Chagüite, Jayaque facilitó la realización de este estudio.



## REFERENCIAS

- BARRIOS, A.; ANZUETO, F.; JIMÉNEZ, H.; PONCE, O. 1998. La reglamentación de aguas servidas del beneficiado húmedo y sus implicaciones para el sector cafetalero. *In* Congreso Nacional de la Caficultura (9., 1998, Guatemala). [Trabajos presentados]. Guatemala, Gua., ANACAFE.
- CONWAY, R.A.; ROSS, R.D. 1980. Handbook of industrial waste disposal. New York, Van Nostrand Reinhold. p.136-137.
- ECKENFELDER JR., W.W.. 1966. Industrial water pollution control. New York, McGraw Hill. p. 199.
- GARCÍA PRIETO, A. 1969. Estudio sobre la estabilización de las aguas mieles del café. ASIA (Salv.) no. 11 : 32-49.
- HACH COMPANY. 1992. HACH water analysis handbook. 2 ed. Loveland, Colo., EE.UU., Hach Company. p. 400-401, 408-409, 432-433, 494-499.
- LEÓN, G.A. DE; BERNAL, A.A. 1972. Investigación sobre características y tratamiento de aguas mieles del café. *In* Congreso Nacional de Ingeniería (2., 1972, San Salvador, Salv.). [Memoria]. San Salvador, Instituto Geográfico Nacional. v.2, p. 989-1026.
- METCALF & EDDY INC. 1997. Ingeniería de aguas residuales. México D.F., McGraw-Hill. v.1, p. 498-499, 730-739; v.2, p. 1064.
- ROBLES, S.; CALZADA, F.; ROLZ, C. 1983. Tratamiento de las aguas de lavado de café usando jacintos acuáticos. Ingeniería Química (Gua.) 46(9) : 11-14.
- THIRUMURTHI, D. 1974. Design criteria for waste stabilization ponds. Journal Water Pollution Control Federation (EE.UU.) 46(9) : 2094-2106.

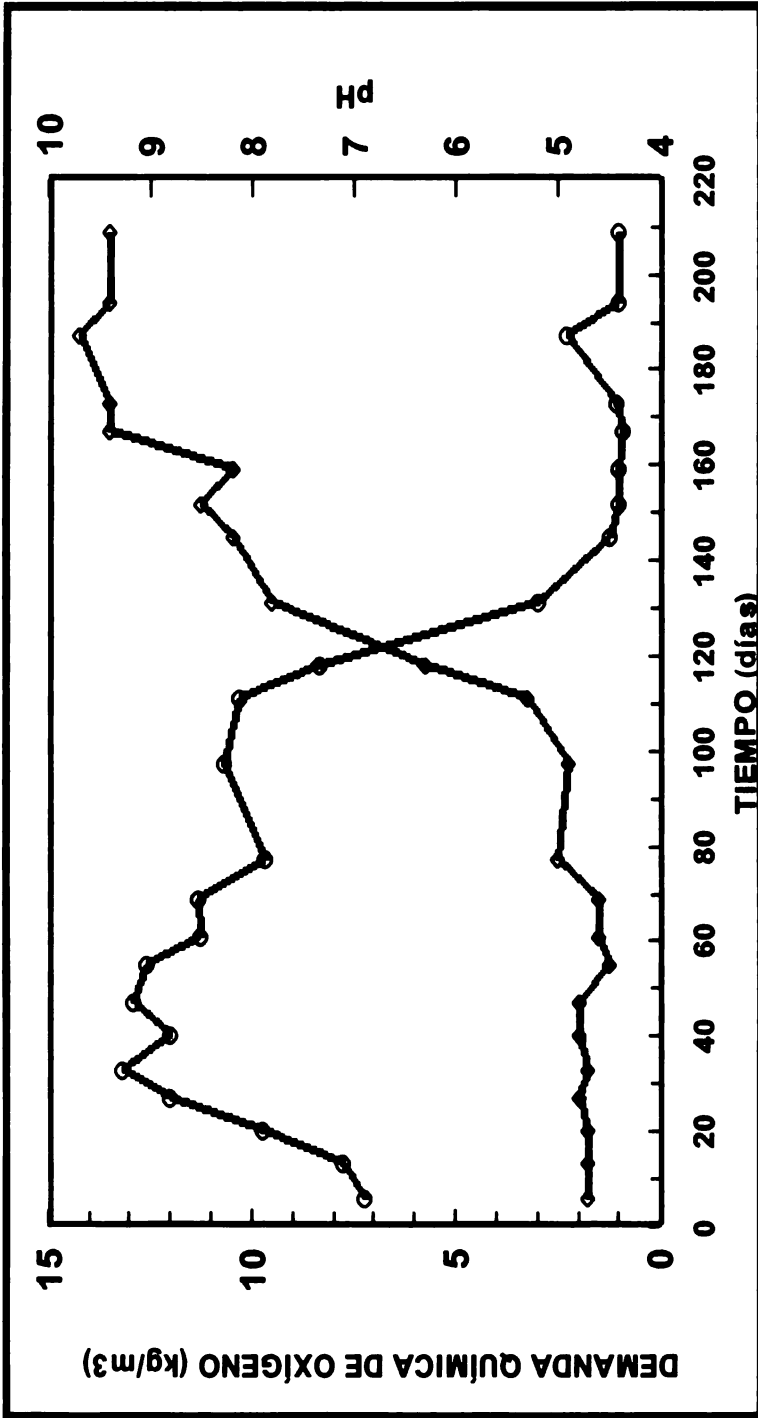


Figura 1. Variación de la demanda química de oxígeno y del pH del agua residual de café retenida en una laguna de estabilización. Beneficio El Chagüite, Jayaque, El Salvador. 1997-1998.

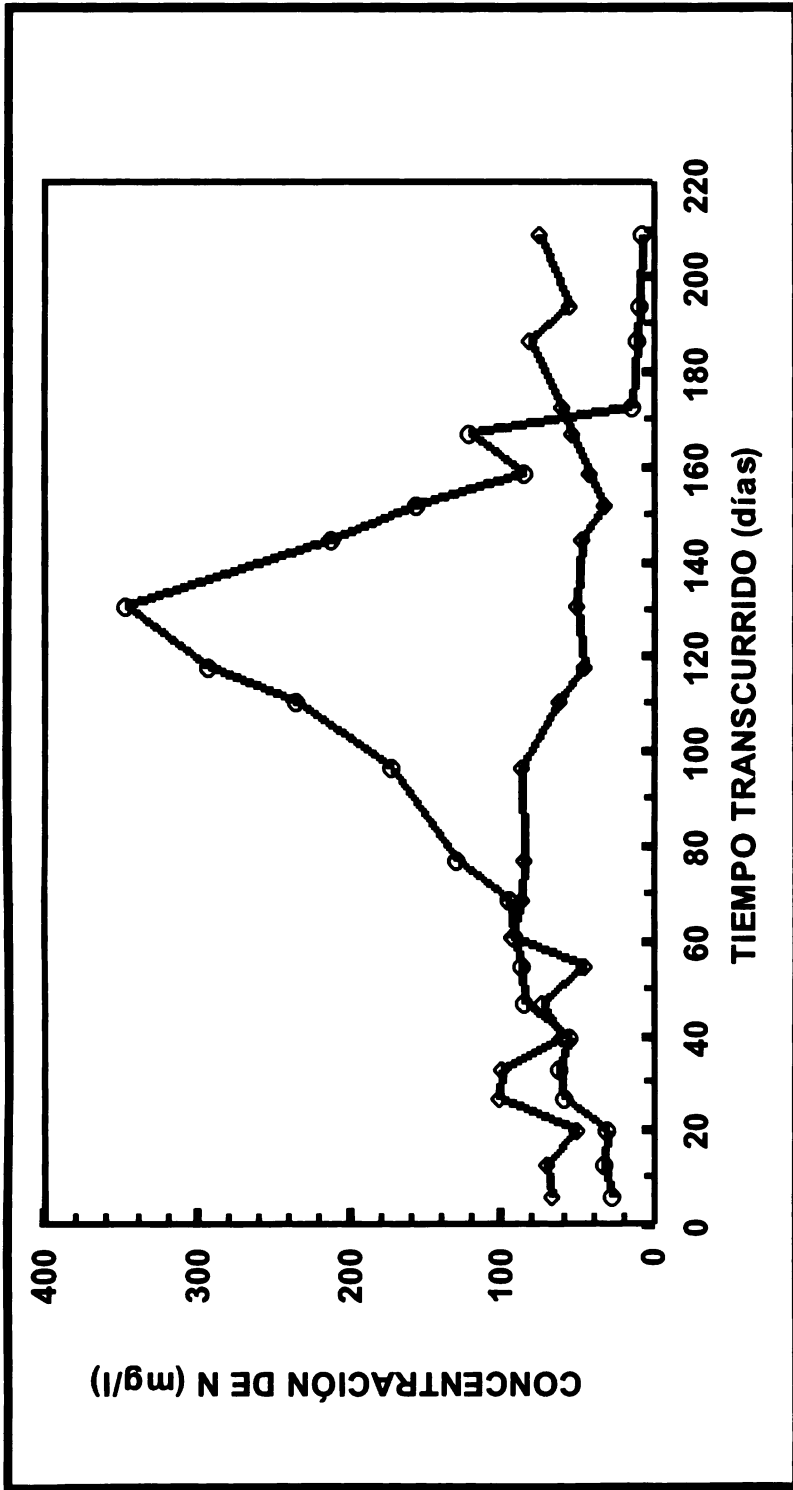


Figura 2. Variación del nitrógeno nítrico y del nitrógeno amónico del agua residual del café retenida en una laguna de estabilización. Beneficio El Chagüite, Jayaque, El Salvador 1997-1998.



## CUANTIFICACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE LOS RÍOS EN LA CUENCA 24: VIRILLA - TÁRCOLES.

*Lic. José Miguel Ramírez Corrales<sup>1</sup>*

### RESUMEN

Se cuantifica el cambio de calidad que sufren las aguas de la Cuenca Virilla - Tárcoles comparando dos periodos, antes y después del Convenio de Cooperación Interinstitucional y la promulgación del Nuevo Decreto Ejecutivo sobre Vertidos de Aguas residuales.

Se trabajo con las cargas contaminantes del sector aguas negras domésticas y del beneficiado por medio del concepto de carga puntual instantánea, que consiste en el producto de la concentración de la Demanda Bioquímica de Oxígeno(DBO) por el caudal respectivo de cada actividad contaminadora y con la población equivalente según la cual los desechos de una persona equivalen a 0.054 Kg/día de DBO.

Antes de 1990 la contaminación conjunta de estos dos sectores era de 294 toneladas por día, equivalente a una población de 5448000 habitantes con una contribución del 23 % por aguas negras y del 77 % por el beneficiado. Después de 1990 la carga total de los dos sectores es de 99 toneladas por día equivalentes a 1835200 habitantes, con una contribución del 70 % por aguas negras y del 30 % por el beneficiado del café.

Se concluye que las aguas en la red hidrográfica estudiada transportan una sustancial disminución de la contaminación orgánica después del Convenio y el Decreto.

**Palabras claves:** calidad de las aguas, contaminación de aguas, aguas residuales, carga puntual instantánea

## **INTRODUCCION**

Para los alcances de este estudio los límites del área del proyecto, correspondientes a la llamada "Gran Area Metropolitana (GAM)", corresponden al contorno interno que se presenta en la Fig.1. Esta área de drenaje es de alrededor de los 2200 kilómetros cuadrados y se enmarca dentro de la Cuenca Hidrográfica del Río Grande de Tárcoles, donde se drenan entre el 4 y 5 % de las aguas del territorio nacional.

Esta cuenca hidrográfica es la más afectada por las cargas de contaminación generadas por los centros urbanos de San José, Heredia y Alajuela, donde se concentra entre el 50 y 60 % de la población del país, el 75 % de las industrias y alrededor del 50 % de los beneficios de Costa Rica. Posee el 90 % de su superficie deforestada y el 70 % erosionada.

Tradicionalmente las principales fuentes puntuales de contaminación localizadas en la cuenca tales como aguas servidas de origen doméstico, industriales y de la agroindustria cafetera han vertido sus desechos líquidos en los cauces de los ríos generalmente sin tratamiento previo. El tiempo de transporte o de viaje de la contaminación hacia el Golfo de Nicoya, el ecosistema receptor final, es de alrededor de 20-25 horas, lo

que favorece el declinamiento de las bacterias coliformes fecales pero muy poco de la DBO.

En la mayoría de los ríos, tales como Ocloro, María Aguilar y Tiribí se han observado, por años, condiciones de cloacas abiertas, manifiestas en desechos sólidos de todo tipo, malos olores, espumas de detergentes no biodegradables, animales muertos. Las condiciones se agravan durante la época de estiaje cuando los caudales disminuyen y el fenómeno de dilución de la contaminación no es suficiente, de modo que las aguas conducidas por esas corrientes receptoras se componen de aguas servidas crudas con bajos niveles de oxígeno disuelto.

El caudal de aguas negras domésticas, en el GAM, se estima entre 3-4 metros cúbicos por segundo. La materia orgánica es de origen doméstico y del beneficiado del café principalmente. El problema más grave era manifiesto entre los meses de noviembre y febrero que es la época de mínimos caudales y cuando se generaba la mayor carga contaminante de los beneficios del café, equivalentes a la producida por una población de alrededor de 6.5 millones de habitantes, mientras que la población en la cuenca, para 1989, era de tan sólo 1.2 millones de habitantes. Por su parte la contribución industrial equivalía a 1.3 millones de habitantes.

## **SITUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DESPUÉS DEL AÑO 1990.**

Entre los aspectos relevantes que se han planteado después de 1990 para atenuar los problemas antes mencionados se pueden resaltar, los siguientes:

### **1. “Plan Maestro de Saneamiento y Alcantarillado Sanitario de la Gran Área Metropolitana de San José”.**

La formulación de este Plan Maestro, finalizado en 1989, estuvo orientado a resolver la problemática provocada por las descargas de aguas negras en los principales cauces receptores de la cuenca a través de la siguiente estrategia:

- a. Captar todas las aguas negras dentro de la red de alcantarillado y conducir las aguas abajo del asentamiento de mayor población, lo cual se traduciría en ríos metropolitanos sin cargas orgánicas de origen doméstico.
- b. Evitar las condiciones anaerobias para reducir efectos ambientales de malos olores y estética indeseable.
- c. Ampliación de los 4 colectores metropolitanos y las redes de alcantarillados en las ciudades de Tres Ríos, Escazú, Aserri, Santa Ana, Ciudad Colón, Santo Domingo, San Antonio de Belén, San Pablo, San Isidro de

Coronado, San Rafael, Barba, San Joaquín, Mercedes, Barrio San José y San Antonio de Alajuela, dándole prioridad a las ciudades ubicadas en zonas de pozos.

- d. Tratar las aguas del beneficiado del café generadas dentro del GAM, en 6 grandes plantas de depuración regionales.
- e. Tratar los efluentes de las 10 industrias más contaminadoras de las más de 200 establecidas en el área de la cuenca.
- f. Llegar a niveles de tratamiento del 80 % para el sector cafetalero e industrial y del 40 % para las aguas negras domésticas.

La problemática de contaminación del sector cafetalero e industrial no se ha solucionado con el Plan Maestro y en lo que respecta al sector aguas domésticas los avances alcanzados al año 1997 podría decirse que han sido lentos.

### **2. “Convenio de Cooperación Interinstitucional”**

Se suscribió en agosto de 1992 entre el Instituto del Café, el Servicio Nacional de Electricidad, el Ministerio de Salud y el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados.

En este convenio se establece un cronograma de actividades, dividido en tres etapas, a ser realizado en un periodo de cinco años con el objetivo de reducir en un 80 % la contaminación de las aguas generadas por los

subproductos del café en todo el país, y en el cual se consigna lo siguiente:

- a. Periodo 1992-1993: “Revisión e implementación del marco jurídico vigente. Reducción y medición del consumo de agua, implementando la recirculación. Establecer una separación pulpa - agua eficiente y tamizado de las aguas de lavado y disposición final adecuada de la pulpa. Establecer una sola descarga al río receptor”.
- b. Periodo 1993-1994: “Disminución de los sólidos suspendidos en un 50 % y de la adecuada disposición de los lodos. Implementación del despulpado en seco y transporte no hidráulico de la pulpa”.
- c. Periodo 1994-1995: “Dar tratamiento anaerobio a los materiales disueltos hasta lograr el 80 % en la reducción de la Demanda Química de Oxígeno(DQO), la DBO y los sólidos totales”.

La sugerencia de este cronograma de actividades por etapas le aporta sentido práctico, accesibilidad al cambio, toma de conciencia por parte del beneficiador y en general, posibilidades de poner en marcha una estrategia con la cual iniciar la reducción paulatina de la contaminación generada por la actividad cafetalera. Los alcances de este plan con todas sus ampliaciones

y modificaciones ha llevado al sector cafetalero a un verdadero proceso de reconversión industrial e implementación de medidas minimizadoras del problema de contaminación.

### **3. “Decreto ejecutivo sobre calidad de vertidos de aguas descargadas en alcantarillados y cursos de agua”.**

Decreto Ejecutivo 24158 - MIRENEM - S, publicado en La Gaceta 77 del 21 de abril de 1995. Este decreto ha sido sometido, en los últimos 12 meses, a una serie de revisiones hasta llegarse a la elaboración del decreto ejecutivo final pronto a ser publicado. Este nuevo decreto establece las normas de calidad de las aguas con que deben cumplir las descargas en alcantarillados sanitarios y cursos de agua.

Se establecen las frecuencias mínimas de muestreo y análisis para las aguas residuales, la frecuencia mínima de presentación de reportes operacionales y se reglamenta la actividad contaminadora por tipo de industria, estableciéndose las concentraciones máximas permisibles especialmente para el DBO, DQO y sólidos suspendidos totales. Se establece lo relacionado con el reuso de las aguas residuales, los retiros mínimos permisibles para sitios de reuso de estas aguas, las frecuencias mínimas de análisis de reuso y los



límites máximos permisibles para el reuso.

El decreto establece claramente los parámetros de análisis obligatorios para las aguas residuales consideradas de tipo ordinario, a las cuales deberán determinárseles el DBO, pH, grasas y aceites, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales y coliformes. Se establecen, por tipo de actividad, los parámetros complementarios para análisis de aguas residuales de tipo especial.

## **METODOLOGIA**

Con el fin de llevar a cabo una comparación se ha considerado la situación de las aguas negras y del beneficiado del café antes y después del Convenio de Cooperación Interinstitucional y de la publicación del Nuevo Decreto Ejecutivo Sobre Vertidos, es decir antes y después de 1990.

Para la primer situación, antes de 1990, se considera para las aguas negras un caudal de 4000 L/s y una DBO de 200 mg/L, calculándose la carga orgánica y la población equivalente respectiva. Para el beneficiado se consideran un total de 50 beneficios en la cuenca, una escala promedio por beneficio de 250 fanegas, un uso de aguas de 1500 L/s por fanega beneficiada y una DBO promedio de 5000 mg/L en el agua. Con estos datos se estima un caudal

de 521 L/s, la carga orgánica y la población equivalente respectiva.

Para la segunda situación después de 1990 se considera la misma condición para las aguas negras en razón de que no se ha implementado ningún tipo de tratamientos o de medidas minimizadoras de la contaminación. Para el beneficiado se estima un total de 50 beneficios en la cuenca, una escala promedio de beneficiado de 250 fanegas, un uso de apenas 1000 L/s de agua por fanega beneficiada, esto último debido al Convenio de Cooperación suscrito, y una DBO, por el Decreto Ejecutivo, regulada en 1000 mg/L en las aguas residuales. Con estos datos se estima el nuevo caudal de 347 L/s, la carga orgánica y la población equivalente.

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la siguiente muestra de cálculos, sobre la relación de cargas contaminantes entre el beneficiado del café y las aguas negras en el GAM, puede notarse como antes del Convenio de Cooperación Interinstitucional y del Nuevo Decreto Ejecutivo sobre vertidos la situación es como sigue:

- a. La carga orgánica generada por las aguas negras es de 69 toneladas por día y la población equivalente a esta contaminación es de 1280000 habitantes.

- b. La carga orgánica producida por el beneficiado es de 225 toneladas por día y la población equivalente a esta contaminación es de 4168000 habitantes.
  - c. La carga total en esta situación antes de 1990 se calcula en 294 toneladas por día para un total de 5448000 habitantes equivalentes.
  - d. La contribución es del 23 % debida a las aguas negras y del 77 % al beneficiado antes de 1990.
- d. La contribución es del 70 % debida a las aguas negras y del 30 % al beneficiado del café. Es decir la situación se invierte y pasa a ser más significativa la contaminación orgánica producida por el sector aguas negras.

### **CONCLUSIONES**

Después del Convenio y del Nuevo Decreto sobre vertidos, es decir después de 1990 la situación resulta en:

- a. La carga orgánica debida a las aguas negras se mantiene en 69 toneladas por día y la población equivalente de 1280000 habitantes. En términos reales esta población sería mayor en razón de que han pasado varios años, la población ha crecido y las aguas siguen sin tratamiento.
- b. La carga orgánica generada por el beneficiado se reduce a 30 toneladas por día y la población es de tan sólo 555200 habitantes equivalentes.
- c. La carga total, considerando los dos aportes, en esta nueva situación se calcula en 99 toneladas por día con un equivalente de 1835200 habitantes.

Los desechos líquidos del café son específicos y su tratamiento en los últimos siete años ha experimentado un importante repunte de tal manera que la mayoría de los beneficios cuentan con sistemas de pretratamiento como tamices y sedimentadores y otros ya han incorporado el tratamiento final por lagunamientos o reactores anaerobios. Esta actitud hacia la solución del problema de contaminación se ha visto motivada a raíz del Convenio de Cooperación y a la necesidad de cumplir con la calidad establecida en el Decreto sobre Vertidos.

Entendiéndose que son variadas las actividades contaminantes, no se puede pedir el mismo tipo de soluciones a los problemas de contaminación. Las industrias textiles, de bebidas y alimentos, tenerías, metalúrgicas, químicas, etc. deben tener un tratamiento específico y adecuado al tipo de desecho, independiente de los domésticos y de los beneficios de café.

## RECOMENDACIONES

La solución al problema de la contaminación de esta cuenca no es sólo la recolección de las aguas negras domésticas y su posterior tratamiento, sino que debe ir paralela al establecimiento de políticas de preservación del recurso hídrico, reglamentación de la calidad, usos de agua y normas para el control del urbanismo descontrolado.

Mantener un programa de monitoreo de aforos y calidad del agua del sector beneficiador e industrial con el fin de dar seguimiento a los alcances obtenidos con el Convenio de Cooperación y el cumplimiento de la calidad establecida en el Decreto de

Vertidos.

Es recomendable que las instituciones responsables del manejo, tratamiento y disposición de aguas servidas se esfuercen en buscar soluciones sectorizadas y no únicas, respecto al tratamiento de esos vertidos. Deberán incluirse en la planificación territorial el diagnóstico de áreas idóneas para el tratamiento futuro. Téngase presente los problemas que se han vivido en el país cuando se habla de la instalación de un relleno sanitario en un sector particular. De igual forma el establecimiento de grandes centrales de tratamiento tendrá en definitiva la objeción del público vecino.

## MUESTRA DE CÁLCULOS

### RELACIÓN DE CARGAS CONTAMINANTES ENTRE EL BENEFICIADO DEL CAFÉ Y AGUAS NEGRAS EN EL GAM

#### ANTES DEL CONVENIO INTERINSTITUCIONAL Y EL NUEVO DECRETO EJECUTIVO SOBRE VERTIDOS.

\* *AGUAS NEGRAS*: 4000 L/s y 200 mg/L DBO

\* *CARGA ORGÁNICA*:

$4000 \text{ L/s} * 200 \text{ mg/L} * 3600 \text{ s/hr} * 24 \text{ hr/d} * \text{g}/1000\text{mg} *$

$\text{kg}/1000 \text{ g} * \text{TON}/1000\text{kg} = 4000 \text{ L/s} * 200 \text{ mg/L} * (0.0000864) =$   
69 Ton/d

\* *POBLACIÓN EQUIVALENTE*:

$4000 \text{ L/s} * 200 \text{ mg/L} * (\text{Hab d}/54 \text{ g}) * 3600/\text{hr} * 24\text{hr/d} *$

$1\text{g}/1000\text{mg} = 4000 \text{ L/s} * 200 \text{ mg/L} * (1.6) = 1280000 \text{ habitantes}$

**\* BENEFICIADO:**

-PARA EL CALCULO SE CONSIDERARA UN TOTAL DE 50  
BENEFICIOS EN LA CUENCA 24

-UNA ESCALA PROMEDIO POR BENEFICIO DE 250 FANEGAS

-1500 l/s POR FANEGA BENEFICIADA

-5000 mg/L DE DBO EN LAS AGUAS RESIDUALES

CAUDAL = 250 Fan/Ben \* 1500 L/Fan \* 50 Ben \* 1/10hr \* 1hr/3600s =  
521 L/s

**CARGA ORGÁNICA:**

521 L/s \* 5000 mg/L \* (0.0000864) = 225 Ton/d

**POBLACIÓN EQUIVALENTE:**

521 L/s \* 5000 mg/L \* (1.6) = 4168000 habitantes

LUEGO CARGA TOTAL ( 69 + 225 ) ES DE 294 Ton/d =

CONTRIBUCIÓN DEL 23% DE AGUAS NEGRAS Y DEL 77%  
BENEFICIADO

TOTAL DE HABITANTES EQUIVALENTES = 5448000

**DESPUÉS DEL CONVENIO INTERINSTITUCIONAL Y EL  
NUEVO DECRETO**

**EJECUTIVO SOBRE VERTIDOS. Año 1996**

**\* AGUAS NEGRAS:**

**CARGA ORGÁNICA:** SE MANTIENE = 69 Ton/d

**POBLACIÓN EQUIVALENTE:** SE MANTIENE O MAYOR A 1280000 hab.

**\*BENEFICIADO:**

-PARA EL CALCULO SE CONSIDERARA UN TOTAL DE 50  
BENEFICIOS EN LA CUENCA 24

-UNA ESCALA PROMEDIO POR BENEFICIO DE 250  
FANEGAS

-1000 l/s POR FANEGA BENEFICIADA (CONVENIO)

-1000mg/L DE DBO EN LAS AGUAS RESIDUALES (DECRETO  
EJECUTIVO)

$CAUDAL = 250 \text{ Fan/Ben} * 1000 \text{ L/Fan} * 50 \text{ Ben} * 1/10\text{hr} * 1\text{hr}/3600\text{s} = 347 \text{ L/s}$

**CARGA ORGÁNICA:**

$347 \text{ L/s} * 1000 \text{ mg/L} * (0.0000864) = 30 \text{ Ton/d}$

**POBLACIÓN EQUIVALENTE:**

$347 \text{ L/s} * 1000 \text{ mg/L} * (1.6) = 555200 \text{ hab.}$

LUEGO CARGA TOTAL ( 69 + 30 ) ES DE 99 Ton/d =

CONTRIBUCIÓN DEL 70% DE AGUAS NEGRAS Y DEL 30% BENEFICIADO

TOTAL DE HABITANTES EQUIVALENTES = 1835200 hab.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Plan Maestro de Abastecimiento de Agua, Saneamiento y Alcantarillado Sanitario de la Gran Área Metropolitana. Informe de Fase I: Saneamiento y Alcantarillado sanitario. Tomo II, Capítulo VII. ICAA. Costa Rica. 1989.

Convenio de Cooperación Interinstitucional. ICAFE, M.S.P., SNE, ICAA. Costa Rica. 1992.

Decreto sobre Calidad de Vertidos de Aguas Residuales en Alcantarillados y Cursos de Agua. Decreto Ejecutivo 24158 - MIRENEM - S. La Gaceta. Costa Rica 1995.

Sequeira M.A., Ramírez J.M., "Estimación de la carga de desechos biodegradables vertidos por el procesamiento del café en las corrientes superficiales de la cuenca Virilla-Tárcoles". Ingeniería y Ciencia Química Volumen 13, Número 2, octubre 1991.



## **INFLUENCIA DE LA VARIEDAD Y LA ALTITUD EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS Y FÍSICAS DEL CAFE<sup>1</sup>**

*Pablo Figueroa Solares<sup>2</sup>  
Oscar Humberto Jiménez,  
Edgar López de León<sup>3</sup>  
Francisco Anzueto<sup>3</sup>*

### **INTRODUCCIÓN**

Básicamente la calidad del café Arabica estaría predeterminada por las condiciones climáticas, definidas a su vez por la altitud, latitud y régimen de lluvias; y así mismo, por efecto de la variedad cultivada. La influencia varietal sobre la calidad del café es un tema bastante polémico y relativamente poco estudiado.

Se reconoce también que las características organolépticas del café varían de acuerdo a su origen geográfico. De manera amplia, los Arabicas lavados, denominados *Milds*, se caracterizan por cierta acidez y un aroma intenso, es el caso de los orígenes latinoamericanos, como Guatemala, Costa Rica y Colombia, y los orígenes de África del Este: Kenia, Etiopía y Tanzania. Cada "origen" presenta adicionalmente rasgos peculiares, con diferencias que se matizan igualmente al interior de cada país dentro de sus zonas cafetaleras. El café "Natural" obtenido de Arabicas procesados vía seca, donde destacan los cafés brasileños, da una taza menos ácida, con un aroma menos acentuado, pero con mucho cuerpo (2).

Menchú (3) menciona que las cualidades que califican y determinan la calidad del grano de café, pueden agruparse por un lado, en las que dependen de su aspecto físico en verde y tostado, y por otro en aquellas que se refieren específicamente a la bebida o taza.

El estudio forma parte de una serie de los trabajos de investigación que se realizan en ANACAFE, para la caracterización de la calidad del café en las diferentes zonas cafetaleras del país. En este caso, con las principales variedades comerciales en el departamento de Guatemala, a tres distintas altitudes.

---

<sup>1</sup> XIX Simposio de la Caficultura Latinoamericana, PROMECAFE-ICAFE. Resumen de investigación tesis de Ingeniero Agrónomo, Universidad Rafael Landívar, Guatemala.  
<sup>2</sup> Estudiante Universidad Rafael Landívar, Guatemala  
<sup>3</sup> Investigadores de ANACAFE

## MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó con muestras de fincas cafetaleras del departamento de Guatemala.

Se evaluaron tres variedades

- Bourbon
- Caturra
- Catuai

Tres rangos altitudinales

- Bajo, menor de 1220 m
- Medio, de 1,220 a 1460 m
- Alto, superior a 1460 m

Las muestras de café cereza fueron beneficiadas en pequeños pulperos, y la preparación final (trilla y torrefacción) se realizó bajo la supervisión del personal del laboratorio de catación de ANACAFE, codificadas para una evaluación "a ciegas".

Los dictámenes de catación se basan en escalas cualitativas, por lo que se utilizó una prueba estadística no paramétrica denominada "Análisis de Componentes Principales" ó -ACP-, que describe en forma gráfica la información procesada, permitiendo revelar la posible influencia de las variedades en interacción con la altitud, sobre las características organolépticas.

### Variables evaluadas

- Análisis granulométrico: Tamaño de grano, porcentaje de granos por zaranda.

- Análisis organoléptico: Cuerpo, Acidez, Aroma, Fineza y Sabor. Las características organolépticas de cuerpo, acidez, aroma y fineza se califican de acuerdo a una escala presentada en orden ascendente. **Cuerpo:** ligero (1), mediano (2), pronunciado (3), completo (4). **Acidez:** escasa (1), ligera (2), balanceada (3). **Aroma:** suave (1), discreto (2), aromático (3), aroma limpio (4), fragante (5). **Fineza:** regular (1), balanceada (2), buena (3), excelente (4).
- En el estudio de las variables físicas se utilizó un diseño factorial completamente al azar para análisis de varianza, y en la información cualitativa, la prueba "no paramétrica" denominada análisis de componentes principales - ACP-, ambas del programa STAT-ITCF.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Variables organolépticas

El resultado del análisis organoléptico, realizado en el Laboratorio de Catación de ANACAFE, se condensa en la tabla 1.

En el rango inferior a 1,220 m, las tres variedades evaluadas muestran características organolépticas



similares, con mejor cuerpo y fineza el Caturra y Bourbon respectivamente. En el rango de 1,220 a 1,460 m se repite esta tendencia, evidenciándose tanto para Caturra como Bourbon, una mejora importante en cuerpo y aroma. El Catuai también mejora, pero con valores más bajos que las otras variedades. En el rango superior a 1,460 m la variedad Bourbon expresa su potencial de calidad para las diferentes características organolépticas anali-

zadas. En este rango Caturra se sitúa abajo del Bourbon, con valores cercanos al mismo. La variedad Catuai se ubica de nuevo en tercera posición, mejorando sus propias características respecto al rango anterior. En la gráfica 1 se presentan los resultados del análisis de componentes principales -ACP-, que muestra las diferentes interacciones: variedad / altitud, asociadas a cada una de las variables organolépticas.

Tabla 1. Análisis organoléptico de las Variedades Bourbon, Caturra, Catuai en tres rangos altitudinales

Altitud (metros)	Variedad	Variables Organolépticas			Tipo	
		Cuerpo	Acidez	Aroma		
- 1,220 m	BOURBON	Ligero/mediano	Ligera	Suave	Regular	SemiHB/HB
	CATURRA	Mediano	Ligera	Discreto/Suave	Balanceda/Reg.	HB/SemiHB
	CATUAI	Ligero	Escasa/Lig.	Suave/Discreto	Regular	SemiHB
1220-1460m	BOURBON	Pronunciado	Ligera	Aromático	Regular	HB/SHB
	CATURRA	Pronunciado	Ligera	Limpio	Bueno	HB/SHB
	CATUAI	Ligero	Ligera	Suave	Regular	HB
+ 1,460 m	BOURBON	Completo	Balanceda/Lig.	Fragante	Excelente	SHB
	CATURRA	Completo	Ligera	Fragante/Aromático	Buena/Excelente	SHB
	CATUAI	Mediano	Ligera	Aromático	Regular	HB/SHB

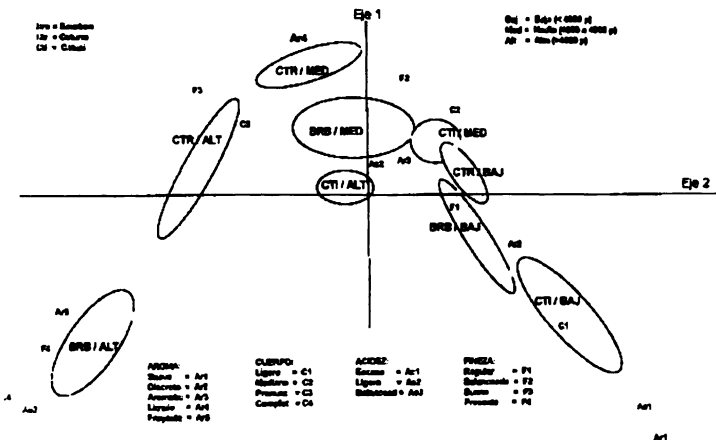


Figura 1. Resultado Gráfico del Análisis de Componentes Principales.

### Variables físicas

Para determinar el porcentaje de zaranda, se considera como grano grande el retenido por la zaranda

18/64", mediano del 15 al 17 mediano y pequeño abajo de la zaranda 15 (4). En la tabla 2 se presentan los resultados de las muestras estudiadas.

**Tabla 2.** Separación de granos en porcentaje de tamaños retenidos en zarandas 18/64", 17, 16, 15 y menor de 15/64"

Zaranda	- 1,220 m			1,220 a 1,460 m			+ 1,460m		
	Bourbon	Caturra	Catuai	Bourbon	Caturra	Catuai	Bourbon	Caturra	Catuai
18 / 64" (%)	20.30	28.27	17.00	30.80	37.67	27.27	54.03	49.23	44.33
<b>% Grande</b>	<b>20.30</b>	<b>28.27</b>	<b>17.00</b>	<b>30.80</b>	<b>37.67</b>	<b>27.27</b>	<b>54.03</b>	<b>49.23</b>	<b>44.33</b>
17 / 64" (%)	21.80	29.67	14.00	31.80	30.80	20.17	31.67	31.93	29.60
16 / 64" (%)	26.60	16.70	23.03	12.80	12.67	21.23	8.77	13.83	17.67
15 / 64" (%)	16.67	14.73	29.83	14.30	9.60	19.97	3.33	2.23	4.83
<b>% Mediano</b>	<b>65.07</b>	<b>61.10</b>	<b>66.86</b>	<b>58.98</b>	<b>53.07</b>	<b>61.37</b>	<b>43.77</b>	<b>47.99</b>	<b>52.10</b>
< 15/64" (%)	14.63	10.63	16.40	10.30	9.26	11.36	2.20	2.78	3.57
<b>% Pequeño</b>	<b>14.63</b>	<b>10.63</b>	<b>16.40</b>	<b>10.30</b>	<b>9.26</b>	<b>11.36</b>	<b>2.20</b>	<b>2.78</b>	<b>3.57</b>

Se observa que el tamaño de grano, expresado en porcentaje, se incrementa con la altitud en las tres variedades. En los rangos, menor de 1,220 m y de 1,220 a 1,460 m la variedad Caturra tiene un mayor porcentaje de grano grande, en altitud superior a 1,460 m Bourbón presenta una mayor cantidad de ese tipo de grano. Los resultados sugieren que existen interacciones entre las variedades y la altitud para estas características.

La tabla 3 muestra las dimensiones largo y ancho, y las relaciones o

proporción entre ambas, observándose que las dimensiones aumentan con la altitud, pero la relación largo/ancho permanece estable, lo cual indica que la forma del grano sería una expresión genética de la variedad. Las variedades Bourbón y Catuai presentan respectivamente, un mayor tamaño, y su relación largo/ancho propicia su forma ovalada. Los granos de Catuai tienen una menor relación largo/ancho, mostrando una forma más "redondeada".

**Tabla 3.** Dimensiones de Grano y Relaciones Largo/Ancho en la Variedades Bourbón, Caturra y Catuai a tres diferentes altitudes.

Dimensiones (milímetros)	Rango Altitudinal - Variedad								
	- 1,220 m			1,220 a 1,460 m			+ 1,460m		
	Bourbón	Caturra	Catuai	Bourbón	Caturra	Catuai	Bourbón	Caturra	Catuai
Largo	0.91	0.87	0.81	0.95	0.92	0.84	0.97	0.94	0.88
Ancho	0.67	0.67	0.65	0.70	0.71	0.68	0.72	0.72	0.71
Largo-Ancho	1.36	1.30	1.25	1.36	1.30	1.24	1.35	1.31	1.24

## CONCLUSIONES

Es clara la influencia que ejerce el factor altitudinal en la calidad de taza, independientemente de la variedad cultivada. Dicho tendencia ha sido ampliamente estudiada y documentada por diversos autores, la información derivada de este estudio la reitera. Las propiedades organolépticas cuerpo, aroma y fineza, se acentúan a medida que se incrementa la altitud, mientras que para la variable acidez no es tan evidente.

Si bien, las tres variedades evaluadas expresan mejores características organolépticas a mayor altitud, se observa que Bourbon clasifica mejor en el rango de mayor altitud, arriba de 1,460 m, seguido de Caturra. En el rango de altitud media, Bourbon y Caturra muestran resultados similares.

Comparativamente con las variedades Bourbon y Caturra, la variedad Catuai expresa menores atributos organolépticos en los tres rangos de altitud evaluados.

## BIBLIOGRAFIA

- Asociación Nacional del Café. (1985). Seminario determinación de calidad para mercados consumidores. Guatemala: Sub gerencia de comercialización.
- Espresso Coffee, the chemistry or quality. 1995. Edited by Andrea Illy and Rinantonio Viani. Academic Press Limited, San Diego C.A. 92101. 253 p.
- Erales, R. (1985). Vocabulario Cafetalero. Revista Cafetalera. 254: 15.
- Menchú J. F. (1966). Determinación de la calidad del café. Revista cafetalera 32: 11



- **SOSTENIBILIDAD  
DEL CULTIVO**



## EFFECTO DE ÁRBOLES MADERABLES EN BARRERAS ANTIEROSIVAS SOBRE EL CRECIMIENTO DE CAFÉ EN UNA ZONA TROPICAL HÚMEDA DE COSTA RICA

Michaela Schaller<sup>1</sup>  
Francisco Jiménez<sup>2</sup>,  
Götz Schroth<sup>3</sup>,  
John Beer<sup>2</sup>

### RESUMEN

En los últimos años se ha observado la sustitución de árboles de sombra tradicionales, como *Inga* spp. o *Erythrina* spp., con árboles maderables de crecimiento rápido, por caficultores en América Central. Debido a ese crecimiento rápido, se supone que existe competencia por agua y nutrientes con el café. Se ha demostrado, que el sistema radicular de gramíneas puede restringir el desarrollo lateral y aumentar el desarrollo vertical de las raíces de árboles, reduciendo de esta manera, la competencia entre los árboles y los cultivos asociados. Estas gramíneas pueden cumplir, al mismo tiempo, la función de barreras antierosivas. Se evaluó el efecto de los árboles maderables *Eucalyptus deglupta* o *Cordia alliodora* con o sin barreras vivas de vetiver (*Vetiveria zizanioides*) o brachiaria (*Brachiaria brizantha*) sembradas a ambos lados de las líneas de árboles, sobre el crecimiento de café (*Coffea arabica* Var. Catuaf) en comparación con el sistema tradicional de café asociado con poró (*Erythrina poeppigiana*). El crecimiento de los árboles fue satisfactorio, aunque fue limitado por el ataque de hormigas cortadoras. Con 16 meses de edad, la altura promedio del eucalipto fue de 6.1 m y la del laurel de 2.7 m. El crecimiento del café fue parecido en los tratamientos con poró y con los maderables sin barreras. Los tratamientos con barreras mostraron un desarrollo menor, debido a la reducción en el crecimiento del café en las líneas de los árboles, limitado en ambos lados por las barreras. Las hileras de café que tenían la barrera solamente en un lado, no fueron afectadas por las mismas.

Durante la fase de establecimiento (16 meses) y bajo las condiciones del experimento (alta precipitación y alto nivel de fertilización), los árboles maderables no mostraron una competencia fuerte por agua y nutrientes con el café. Barreras antierosivas de vetiver y brachiaria en fajas simples no perjudicaron el café y se recomiendan en terrenos inclinados.

---

<sup>1</sup> Universidad de Bayreuth, Instituto de Ciencias de Suelo, c/o Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 7170 Turrialba, Costa Rica. Fax: (506) 556 77 66, E-mail: schaller@catie.ac.cr; <sup>2</sup> Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), 7170 Turrialba, Costa Rica; <sup>3</sup> Universidad de Hamburgo, Instituto de Botánica Aplicada, c/o Embrapa Amazônia Ocidental, C.P. 319, 69011-970 Manaus-AM, Brasil

**Palabras clave:** árboles maderables, *Inga* spp. o *Erythrina* spp, *Eucalyptus deglupta* o *Cordia alliodora*, sombra, barreras vivas, vetiver (*Vetiveria zizanioides*)

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha observado la sustitución de árboles de sombra tradicionales del café, como *Inga* spp. o *Erythrina* spp., con árboles maderables de crecimiento rápido (Beer *et al.* 1997, Galloway y Beer 1997), como *Eucalyptus deglupta* (eucalipto) y *Cordia alliodora* (laural), por los caficultores en América Central. Esto se debe a los precios bajos del café, a la opción de tener otro producto comercial (madera) y para reducir la mano de obra asociada con el manejo de la sombra de los árboles de servicio (Tavares *et al.* 1999). La introducción de especies maderables en Costa Rica, sobre todo, de *E. deglupta*, fue también favorecida por el pago de incentivos forestales (Viera *et al.* 1999). Sin embargo, debido a su crecimiento rápido, que por ejemplo puede llegar a un incremento anual de más de 5 m de altura para *Eucalyptus* y entre 2-3 m para *Cordia* (Geilfus 1994), se supone que existe competencia por luz, agua y nutrientes entre los árboles maderables y el café asociado. Una posibilidad de reducir la competencia entre los árboles y cultivos asociados, en la capa superficial, es en manipular las raíces arbóreas para que se desarrollen en

profundidades mayores y/o en áreas limitadas (Schroth 1995, 1999). Se ha demostrado que el sistema radicular de gramíneas, que es relativamente competitivo, puede restringir el desarrollo lateral y aumentar el desarrollo vertical de las raíces de árboles (Yokum 1937, Atkinson *et al.* 1978). En un estudio preliminar se observó que el sistema radicular del laural es muy sensitivo a la competencia de gramíneas, mientras la extensión lateral del sistema radicular del eucalipto fue solamente restringida cuando se usaron barreras vivas muy competitivas y en densidades muy altas (Schaller *et al.* 1999).

Al mismo tiempo, las barreras vivas pueden controlar significativamente la erosión de suelo de pendientes. En muchos cafetales en América Central y otras regiones del mundo, la pérdida de la capa fértil es un problema grave, debido al cultivo en zonas de pendiente y/o la práctica cultural de mantener el cafetal "limpio". El problema se presenta más en cafetales recién establecidos, por la escasa cobertura del suelo. Una barrera viva que se ha usado mucho es el vetiver (*Vetiveria zizanioides*) por su poca competitividad con los cultivos asociados y su alta capacidad en retener el suelo (National Research



Council 1993). La desventaja de esta especie es que tiene poco valor comercial. Por lo tanto, es importante también evaluar la aptitud de gramíneas forrajeras, por ejemplo, para el control de erosión de suelo. Una gramínea con poca extensión lateral y un sistema radicular muy denso es, por ejemplo, la brachiaria (*Brachiaria brizantha*) que es muy apetecible para el ganado.

El interés de este estudio fue evaluar el comportamiento del café asociado con árboles maderables en comparación con el sistema tradicional con poró. Al mismo tiempo, se evaluó el efecto de barreras antierosivas dobles de vetiver y brachiaria sobre el crecimiento de plantas de café, que – sembradas entre los árboles maderables y el café – pueden también reducir la competencia entre los mismos. Además las estructuras antierosivas logran mayor estabilidad, cuando son apoyadas por árboles.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se estableció a finales del año 1998 en un cafetal nuevo cerca de Atirro, Turrialba, Costa Rica (9°49 Lat. N. y 83°39 Long. O., 797 m.s.n.m., temperatura promedio anual de apr. 20°C, 3000 mm de precipitación anual). El uso anterior del terreno fue de una plantación de

macadamia abandonada, y el suelo es un Andic Dystrudept (Soil Survey Staff, 1999). Los tratamientos fueron: café (*Coffea arabica* Var. Catuai) asociado con árboles maderables de *E. deglupta* o *C. alliodora*, con barreras vivas de vetiver o de brachiaria o sin barrera, más un testigo con poró (*Erythrina poeppigiana*) como árbol tradicional de sombra en café. El café fue sembrado a 2 m entre hileras y 0.8 m entre plantas (2 plantas/golpe) y los árboles a 14 m entre hileras y 3.2 m entre árboles, en las hileras de café. Las barreras fueron sembradas a doble línea a 90 y 110 cm, en ambos lados de la línea de los árboles. Se utilizó un diseño de bloques completos al azar, con tres repeticiones.

Se evaluó el crecimiento de los árboles (altura y diámetro del tallo a la altura del pecho) y del café (altura y diámetro del tallo en la base de la planta (10 cm arriba del suelo) para ambas guías). Para evaluar el efecto de los árboles sobre el café se hicieron mediciones separadas para las diferentes hileras de café, según su distancia de la hilera de los árboles. Además se midió el sombreado del café por los árboles con un ceptómetro. Las lecturas se realizaron encima de las plantas de café entre las 10 a.m. y las 2 p.m. bajo condiciones similares de radiación solar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los árboles de *E. deglupta* mostraron un crecimiento acelerado, con una altura promedio de 6.1 m (s.d.=1.1) y un diámetro promedio de 7.6 cm (s.d.=1.6) en 16 meses. El crecimiento del laurel fue más lento, con una altura promedio de 2.7 m (s.d.=0.7) y un diámetro promedio de 3.7 cm (s.d.=1.7) con la misma edad. El laurel, que es sensitivo a la compactación del suelo (CATIE 1994), mostró un crecimiento reducido en algunas partes del ensayo donde hubo antiguas terrazas preparado con tractor y por lo tanto mayor compactación del suelo. Un factor limitante para el crecimiento de ambas especies ha sido el fuerte y casi continuo ataque de hormigas zompopas (*Atta* spp. y *Acromyrmex* spp.). La altura máxima para el eucalipto fue 9.1 m y para el laurel 4.4 m, lo que indica que ambas especies tienen un mayor potencial de crecimiento que el crecimiento actual, limitado por el ataque de las zompopas. No se detectaron diferencias en el crecimiento de los

árboles entre los tratamientos con y sin barrera, lo que significa, que el crecimiento de los árboles no fue limitado por la competencia de las barreras vivas. También podría ser el resultado del ataque de las zompopas.

El crecimiento de café fue rápido debido a la alta aplicación de insumos por parte de la finca (apr. 2 t fertilizante ha<sup>-1</sup> a<sup>-1</sup>). Con 18 meses de edad, la altura promedio de las plantas fue 1.1 m y el diámetro basal promedio 2.1 cm. Entre los tratamientos hubo diferencias significativas ( $p=0.049$ ) en el crecimiento de café: el diámetro fue mayor en las plantas del tratamiento con poró (2.11 cm) y luego en los tratamientos con los árboles sin barreras (2.09 cm). El diámetro del tallo en los tratamientos con la barrera vetiver fue 2.04 cm y el diámetro menor se encontró en los tratamientos con la barrera de brachiaria (2.00 cm). Los cafetos en las líneas con los árboles siempre mostraron un crecimiento menor que las líneas puras de café (Cuadro 1).

**Cuadro 1:** Diámetro del tallo de las plantas de café (10 cm sobre el suelo) a los 18 meses en las líneas puras de café y en las líneas con *Cordia alliodora* o *Eucalyptus deglupta*, con y sin barreras vivas de *Brachiaria brizantha* o *Vetiveria zizanioides*, en Turrialba, Costa Rica.

Tratamiento	Diámetro de café (cm) en las líneas puras de café <sup>1)</sup>	Diámetro de café (cm) en las líneas con árboles <sup>2)</sup>	P <sup>3)</sup>
Laurel sin barrera	2.09	2.05	0.337
Eucalipto sin barrera	2.10	2.02	0.078
Laurel con vetiver	2.10	1.89	0.0001
Eucalipto con vetiver	2.07	1.84	0.0001
Eucalipto con brachiaria	2.04	1.88	0.0006
Laurel con brachiaria	2.00	1.88	0.007

<sup>1)</sup> n=80; <sup>2)</sup> n=20; <sup>3)</sup> análisis de contraste ortogonal

En el caso de laurel sin barreras, la reducción en el diámetro de las plantas de café en las líneas con árboles en comparación con las demás líneas fue mínima y no significativa. Para el eucalipto sin barrera la misma reducción fue casi significativa. La diferencia entre especies de árboles puede ser causada por la mayor competitividad del eucalipto, expresado por su crecimiento mucho más rápido que el del laurel. Otra posibilidad relacionada es la mayor densidad de sombra bajo eucalipto, con una reducción de la radiación solar entre 3 y 81% en la línea de los árboles (promedio de 46%). La menor reducción de sombra (3%) resultó a la par de árboles cuyas hojas fueron comidas por las zompopas. La

reducción promedio de la radiación solar en la línea del laurel fue, con un promedio de 35%, no tan serio como en el caso de eucalipto. El laurel casi no tuvo efecto de sombra en las líneas de café vecinas, mientras que la reducción de la radiación fotosintética activa en eucalipto en líneas vecinas de café varió entre un promedio de 10 y 30%, dependiendo de la exposición. Considerando que en esta zona ocurre nubosidad muy temprano (ya a partir de las 11 a.m.), puede ser que la tasa de fotosíntesis del café debajo del eucalipto esté reducida por falta de radiación solar. Para los tratamientos con barreras, la reducción en el crecimiento de café en la línea de los árboles, con barreras a 1 m de distancia en los dos lados fue, por lo general,

altamente significativa. No se presentaron diferencias significativas entre las barreras aunque se esperaba que la brachiaria fuese más competitiva por su crecimiento más vigoroso. Una posible explicación es que las chapias frecuentes y más fuertes en el caso de la brachiaria, disminuyeron su competitividad radicular. La primera línea de café a la par de las barreras (y línea de árboles) no mostró un crecimiento reducido en ningún tratamiento excepto del tratamiento de laurel con brachiaria donde el diámetro del café en las líneas a la par de las barreras estuvo insignificativamente reducido en comparación con las líneas de café más lejano de las barreras. Esto indica, que los árboles todavía no tenían un efecto negativo sobre el café fuera de la hilera de los árboles y además, que la presencia de las barreras vivas en solamente un lado de la hilera de café, no tuvo un efecto negativo sobre su crecimiento. Solamente las plantas de café en la línea central se desarrollaron menos a causa de la competencia de los árboles y de las franjas de barreras a ambos lados. Es posible, que en estos resultados ya se nota el efecto de la restricción de la extensión lateral de las raíces de los árboles y una acumulación de las mismas dentro del espacio delimitado por las barreras, aunque los árboles, sobretodo de laurel, eran todavía demasiado pequeños para obtener efectos muy claros. No hubo

diferencias entre el crecimiento de café en la primera hilera arriba de las barreras, donde se acumula el suelo atrapado, y la línea abajo, que no tiene el efecto benéfico del acumulo de suelo. Detrás de las primeras barreras de ambas especies (según su posición en la pendiente) se formaron terrazas de hasta más que medio metro de altura durante la duración del experimento. El acumulo de suelo detrás de la segunda barrera fue mucho menos. Con más duración es probable que el café en las línea arriba de las primeras barreras tenga un mayor crecimiento

## CONCLUSIONES

Bajo condiciones de alta precipitación y un nivel alto de fertilidad del suelo y/o fertilización del cafetal, árboles jóvenes de *Eucalyptus deglupta* y *Cordia alliodora* no tuvieron un efecto negativo significativo sobre el crecimiento del café. Debido a su crecimiento mucho más rápido, *E. deglupta* da sombra a una edad más temprana que el laurel, que es una ventaja sobre todo en regiones calientes y soleadas. Al mismo tiempo, la competencia entre el eucalipto y el café fue solamente un poco y - a esta edad - insignificativamente mayor que entre el laurel y el café.

Las dos barreras vivas se mostraron muy eficaz en reducir la erosión de

suelo que se presenta sobre todo en plantaciones recién establecidas debido a la escasa cobertura de suelo. Por lo tanto, el uso de la gramínea forrajera *brachiaria* podría ser una alternativa interesante al *vetiver* que no tiene mucho valor económico además de la protección de suelo. Para un mejor control de erosión, se recomiendan dos franjas seguidas de barreras vivas. Sin embargo, las estructuras antierosivas con barreras a ambos lados de una línea de café resultaron en una reducción significativa en el desarrollo de las plantas de café entre las barreras. A mediano plazo, estos efectos de competencia pueden ser compensados por la reducción de pérdidas de suelo y fertilizante debido al efecto antierosivo de las barreras y por la reducción de la competencia entre los árboles maderables y el café.

## BIBLIOGRAFÍA

- Atkinson, D; Johnson, MG; Mattam, D; Mercer, ER. 1978. The effect of orchard soil management on the uptake of nitrogen by established apple trees. *J. Sci Food Agric* 30: 129-135.
- Beer, J; Muschler, R; Somarriba, E; Kass, D. 1997. Maderables como sombra para café. *Boletín PROMECAFE* (Guatemala) 76/77: 5-7.
- CATIE. 1994. Laurel. *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken. Especie de árbol de uso múltiple en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 52 p. (Serie Técnica. Informe Técnico No. 239).
- Galloway, G; Beer, J. 1997. Oportunidades para fomentar la silvicultura en cafetales en América Central. Turrialba, Costa Rica, CATIE. 168 p.
- Geilfus F (1994) El Arbol al servicio del agricultor. Manual de Agroforestería para el desarrollo rural. Volumen 2. Guía de Especies. Enda-Caribe. Turrialba, Costa Rica, 778 p.
- National Research Council. 1993. *Vetiver Grass: A thin line against erosion*. Washington. D.C., National Academic Press. 171 p.
- Schaller, M; Schroth, G; Beer, J; Jiménez, F. 1999. Control de crecimiento lateral de las raíces de especies maderables de rápido crecimiento utilizando gramíneas como barreras biológicas. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 36-38.
- Schroth, G. 1995. Tree root characteristics as criteria for species selection and systems design in agroforestry. *In* Sinclair, FL. ed. *Agroforestry: Science, policy and practice*. Dordrecht, Neth-

- erlands, Kluwer. p 125-143.
- Schroth, G. 1999. A review of belowground interactions in agroforestry, focussing on mechanisms and management options. *Agrofor. Syst.* 43 (1-3): 5-34.
- Soil Survey Staff (1999) *Keys to Soil Taxonomy*. 8<sup>th</sup> edition. SMSS technical monograph no. 19., Pocahontas Press Blacksburg, Virginia. 600 p.
- Tavares, FC; Beer, J; Jimenez, F; Schroth, G; Fonseca, C. 1999. Experiencia de agricultores de Costa Rica con la introducción de árboles maderables en plantaciones de café. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 17-20.
- Viera, CJ; Koepsell, E; Beer, J; Lok, R; Calvo, G. 1999. Incentivos financieros para establecer y manejar árboles maderables en cafetales. *Agroforestería en las Américas* 6 (23): 21-23.
- Yokum, WW. 1937. Root development of young delicious apple trees as affected by soils and by cultural treatments. *Univ. Nebraska Agric Exp Stat Res Bull* no. 95: 1-55.

## ÍNDICE ALFABÉTICO POR AUTOR

A. Araya .....	405
Abarca, S. ....	69
Alfredo Agustín Rivera Menjívar .....	397
Ana C. Romero .....	173
Ana Maria Meneguim .....	303
Angel Rafael Trejo .....	321
Arnold Pineda .....	215
B. Bertrand .....	251- 405
Barry-Etienne D. ....	273
Belisario Ángel Chávez .....	397
Bernal Cisneros D. ....	243
Bernard Pierre Dufour .....	381
Bertrand B. ....	273
C. Astorga .....	251
C. Bustamante .....	287
C. González .....	287
Carlos Fonseca .....	125-131
Carlos Fonseca C. ....	243-203
Dr. Allan Cam Oehlschlager .....	331
Dr. Armando García G. ....	61
Dr. E. Malavolta .....	9
Dr. Olger Borbón Martínez .....	331
Edgar López de León .....	493
Eduardo L. Alfonsi .....	91
Eliécer Campos .....	125-131
Eloy Molina .....	155
Ethel Sánchez .....	365
Etienne H. ....	273
F. Anthony .....	251
Fabio Bautista Pérez .....	397-459
Floria Ramírez y Floria Bertsch .....	189
Francisco Anzueto .....	493
Francisco Jiménez .....	173-501
Gerardo Lardé .....	473

Gigi Micheli .....	55
Götz Schroth .....	501
Guillermo Ram3res M. ....	243
Guillermo Ram3rez .....	125-131
H. Etienne .....	251
Harold Wiston Rodr3guez .....	423
Harou Iwasawa .....	365
H3ctor Rogelio Zelaya Escoto .....	229
Henry Rojas .....	139
Hern3n Jim3nez .....	131
Hugo Paz .....	321
Ing. Luis Gmo. Vargas Cartagena .....	433
Ing. Orlando .....	331
Ing. Orlando Mora Alfaro .....	349
Ing. Uri Goldstein Netafim .....	3
Joel I. Fahl .....	91-101
John Beer .....	501
John I. Stiles .....	53
Jorge Eduardo Ram3rez .....	139
Jorge Mora Bola3os MSc .....	433
Jos3 Arnold Pineda .....	263
Jos3 Arturo Sol3rzano .....	433
Jos3 E. Ram3res R. ....	243
Jos3 E. Arias V. ....	243
Jos3 Mar3a Alp3zar .....	467
Jos3 Ricardo M. Pezzopane .....	91
Juan J. Obando .....	125-243
Juan Jos3 Obando Jim3nez .....	181-203
Lic. Jos3 Miguel Ram3rez Corrales .....	483
Lic. Lilliana M. Gonz3lez .....	331
Luciana Akemi Kimura .....	303
Luis Mora .....	189
Luis Vargas Cartagena .....	355-365
Luis Vargas Cartagena .....	443-453
Luis Vargas Cartagena .....	447
Machado Benassi .....	313
Maria Luiza C. Carelli .....	91-101



María Ofelia González .....	381
Mario Magdiel Salazar .....	459
Mario Ordóñez .....	263
Mario Roberto Padilla R .....	263-23
Michaela Schaller .....	501
Montenegro, J. ....	69
Mora Alfaro .....	331
Núñez .....	405
O. Quiros .....	251
Orlando Orellana .....	397
Oscar G. Campos .....	417
Oscar Humberto Jiménez .....	493
P. Lashermes .....	251
P. Topart .....	251
Pablo Figueroa Solares .....	493
Pereira A .....	273
R. Cupull .....	287
R. Herrera .....	287
R. Rivera .....	287
Rafael Angel Mata .....	139
Raquel Magossi, .....	91
Raúl Muñoz .....	321
Reinaldo Cárdenas M. ....	369
Reinhol G. Muschler .....	109
Reinhold Muschler .....	173
Rodney Santacreo .....	215
Rodney Santacreo .....	229
Ronny Alfaro Araya .....	167
Rui Pereira Leite Jr. ....	303
Sánchez C. ....	287
Saúl Jacinto .....	473
Solano W. ....	273
Tumoru Sera .....	25
Vasquez N. ....	273
Vera Lúcia Rodrigues .....	313
Víctor Chaves Arias .....	155-181

## INDICE POR AUTOR

### CONFERENCIAS MAGISTRALES:

Goldstaen Netafim, Uri. **Riego por goteo en café.** Brasil.

*Malavolta Euripedes*, **Fertilización de Café por Módulos en Brasil.** Centro de Energía Nuclear en Agricultura, Universidad de São Paulo, Brasil

*Sera, Tumoru*. **Mejoramiento Genético Clásico del Café y el Mejoramiento Genético en Brasil.** Fitomejorador/Genetista. Instituto Agronómico de Paraná, Brasil

*Stiles, John*. **Uso potencial de la Biotecnología en Café.** Chief Scientific Officer, Integrated Coffee Technologies, Hawai, USA.

Michel, Gigii. **La seca del café como factor de calidad café descascado y secado en parihuela.** Green Coffee Dept. Manager. Illycaffè, TRIESTE - Italia

*García, Armando*. **Proyecto Manejo Integrado de Broca del Café CFC-OIC-CABI-PROMECAFE.** Proyecto MIB PROMECAFE-ANACAFE, Guatemala.

*Montenegro, Johnny*. **Emisión de Gases Efecto Invernadero y Fijación de Carbono en el Sistema de Producción de Café (*Coffea arabica*) Bajo Sol y Sombra en Costa Rica.** Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica.

### TRABAJOS DE INVESTIGACION:

#### Manejo del cultivo:

- *Fahl, Joel I*. **Variaciones microclimática e densidade de fluxo de seiva de plantas de café (*Coffea arabica* L.) conduzidas em diferentes regimes de luz.** Campinas, Brasil.
- *Carelli, Maria Luiza*. **Crescimento e Assilacao do Carbono e Nitrogeno em Plantas Jovens de Coffea em Condições de sol e de Sombra.** Campinas, Brasil.
- *Muschler, Reinhold*. **Shade improves coffee quality in a sub-optimal zone of Costa Rica.** CATIE, Costa Rica
- *Campos, Eliécer*. **Programa para la producción de café orgánico.** ICAFE, Costa Rica

#### Nutrición del café:

- *Ramírez, Jorge; Mata, Rafael Angel y Rojas, Henry*. **Caracterización de suelos cafetaleros y manejo del cultivo de café en el cantón de Pérez Zeledón, Costa Rica.** ICAFE.-UCR, Costa Rica.
- *Chaves Arias, Víctor y Molina Eloy*. **Extracción de nitrógeno en dos cultivares de café en Costa Rica.** ICAFE, UCR, Costa Rica
- *Alfaro, Ronny*. **Estudio de dosis crecientes de fertilización en catimores.** ICAFE. Costa Rica.
- *Romero, Ana C*. **Crecimiento de almacigo de café con abono tipo bocashi y abono verde de *Erythrina poeppigiana*.** CATIE, Costa Rica
- *Obando, Juan Jose*. **Variación estacional de los contenidos minerales foliares de cuatro cultivares de café.** ICAFE, Costa Rica.
- *Ramírez, Floria*. **Absorción de nutrimentos por los frutos y bandolas de café 'Caturra' durante un ciclo de desarrollo y maduración de frutos en Aquiares, Turrialba, Costa Rica.** Universidad de Costa Rica, Costa Rica.
- *Fonseca Castro, Carlos y Obando Jiménez, Juan José*. **Evaluación de diferentes dosis de sulfato de zinc Aplicados al suelo y fuentes de zinc foliares en dos zonas cafetaleras de Costa Rica.** ICAFE, Costa Rica.

**Genética y mejoramiento:**

- **Pineda, Arnoldo.** Estabilidad de progenies 'Sarchimor' híbridos 'Catuai x 'SH2 SH3' y retrocruzamientos 'Catuai' x 'Icatu'. IHCAFE, Honduras.
- **Zelaya Escoto, Héctor Rogelio.** Evaluación de la resistencia en el campo a *Meloidogyne exigua* de progenies Sarchimor y retrocruces 'Catuai' x 'Icatu' en el Paraíso, Honduras. IHCAFE, Honduras
- **Cisneros, Bernal.** Producción de los cultivares 'C.R.-95', 'Catuai', 'Caturra' y 'T-5175'. ICAFE Costa Rica.
- **Anthony, Francois.** Diversidad genética de los cafés (*Coffea arabica*) silvestres y cultivados, por los marcadores moleculares. IRD-CATIE, Costa Rica.
- **Padilla, Mario Roberto.** Determinación del área foliar en cinco cultivares de café (*Coffea arabica*) mediante modelos de regresión. IHCAFE, Honduras
- **Etienne H; Solano W; Pereira A.; Bertrand B.; Vasquez N. & Barry-Etienne D.** A solution for the utilization of in vitro culture for mass-diffusion of *Coffea arabica* elite materials : the direct sowing of somatic embryos produced in a bioreactor. CIRAD/IRD/CATIE. Costa Rica.

**Manejo integrado de plagas:**

- **Sánchez C; Rivera R.; González, C.; Cupull R.; Herrera, R. y Bustamante, C.** Efecto de 15 cepas de hongos micorrizógenos (hma) sobre la producción de posturas de cafetos en tres tipos de suelos del macizo montañoso *guamahaya*.. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, San José de las Lajas, La Habana, Cuba
- **Meneguim, Ana Maria; Kimura, Akemi; Pereira Leite Jr, Luciana Rui.** Levantamento da fauna de Homópteros vetores de *Xylella fastidiosa* em viveiros de mudas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.). IAPAR, - UEL, CNPq. Brasil
- **Rodriguez Machado Benassi, Vera Lúcia.** Consideraciones sobre los aspectos biológicos de la avispa de Uganda, *Prorops nasuta* Waterston, 1923 (Hymenoptera: Bethyilidae) en Brasil. Brasil.
- **Trejo, Angel Rafael.** Avances sobre el control biológico de la broca del fruto del café (*Hypothenemus hampei* Ferr.) por medio del parasitoide *Phymastichus coffea*. IHCAFE, Honduras
- **Borbón, Olger.** Estudio de atrayentes de la Broca del Café. ICAFE, Costa Rica.
- **Mora, Orlando.** La utilización de fuentes alcalinas para el control del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en mezcla con cyproconazole. ICAFE, Costa Rica.
- **Vargas Cartagena, Luis.** Determinación de la enzima trehalasa en el hongo *Mycena citricolor*. MAG, Costa Rica.
- **Vargas Cartagena, Luis.** Microscopía electrónica de barrido del "ojo de gallo" (*Mycena citricolor*) en el cultivo de café. MAG, Costa Rica.
- **Cárdenas M, Reinaldo.** Trampas y Atrayentes para Monitoreo de Poblaciones de Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Col., Scolytidae). Investigador pensionado de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, CENICAFE, Colombia
- **Gonzalez, María Ofelia.** Diseño, Desarrollo y Evaluación del Trampeo en el Manejo Integrado de la Broca del Café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en el Salvador. PROCAFE, El Salvador.
- **Rivera Menjivar, Alfredo Agustín.** Evaluación de Productos Botánicos para el Combate del Nematodo Lesionador *Pratylenchus sp.* en Establecimiento de Cafetales. PROCAFE, El Salvador
- **Bertrand, Benoit.** La "corchosis" del Cafeto en Costa Rica: Una Enfermedad Compleja Provocada por *Meloidogyne arabicida* y *Fusarium oxysporum*. CIRAD/CATIE. Costa Rica.

- Campos, Oscar G. **Determinación de la Concentración Letal (CL50) y Evaluación de Cuatro Dosis de *Metarhizium anisopliae* para el Control del Minador del Cafeto *Leucoptera coffeella*.** ANACAFE, Guatemala.
- Padilla R, Mario Roberto; Rodríguez, Harold Wiston. **Caracterización del grillo indiano del café (*Paroecanthus* spp. Sauss. orthoptera: gryllidae) y acciones para el manejo del insecto.** Programa entomología e investigación del IHCAFE, Honduras.
- Mora Bolaños, Jorge; Solórzano, José Arturo; Vargas Cartagena, Luis Gmo. **Combate preventivo del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en el cultivo de café.** Dirección de Investigaciones Agropecuarias, MAG, Costa Rica
- Vargas Cartagena, Luis. **Valoración "in vitro" del pH óptimo para el desarrollo del ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café.** Depto de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica.
- Vargas Cartagena, Luis. **Evaluación "in vitro" del ácido propiónico + cal contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café.** Depto de Protección de Cultivos, Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica
- Vargas Cartagena, Luis. **Evaluación "in vitro" de la validamicina contra el ojo de gallo (*Mycena citricolor*) en café.** MAG Costa Rica
- Pérez, Fabio Bautista; Salazar, Mario Magdiel. **Evaluación de daños económicos causados por *Rosellinia* sp en un área afectada por el patógeno.** , Técnicos Investigadores, PROCAFE, El Salvador.

#### **Beneficiado y calidad de la bebida:**

- Alpízar, José María. **Comportamiento de los rendimientos de beneficiado de café de costa rica por zonas de producción, según registros de 15 años.** ICAFE, Costa Rica.
- Lardé, Gerardo. **Cambios del Agua Residual del Café en una Laguna de Estabilización.** PROCAFE, El Salvador.
- Ramírez, José Miguel. **Cuantificación de la Contaminación de los Ríos en la Cuenca 24: Virilla - Tárcoles.** Costa Rica.
- Figueroa Solares, Pablo; Jiménez, Oscar Humberto; López de León, Edgar y Anzueto, Francisco **Influencia de la variedad y la altitud en las características organolépticas y físicas del café.** ANACAFE, Guatemala.

#### **Sostenibilidad del cultivo:**

- Michaela Schaller, Francisco Jiménez Götz Schroth, John Beer. **Efecto de árboles maderables en barreras antierosivas sobre el crecimiento de café en una zona tropical húmeda de Costa Rica.**





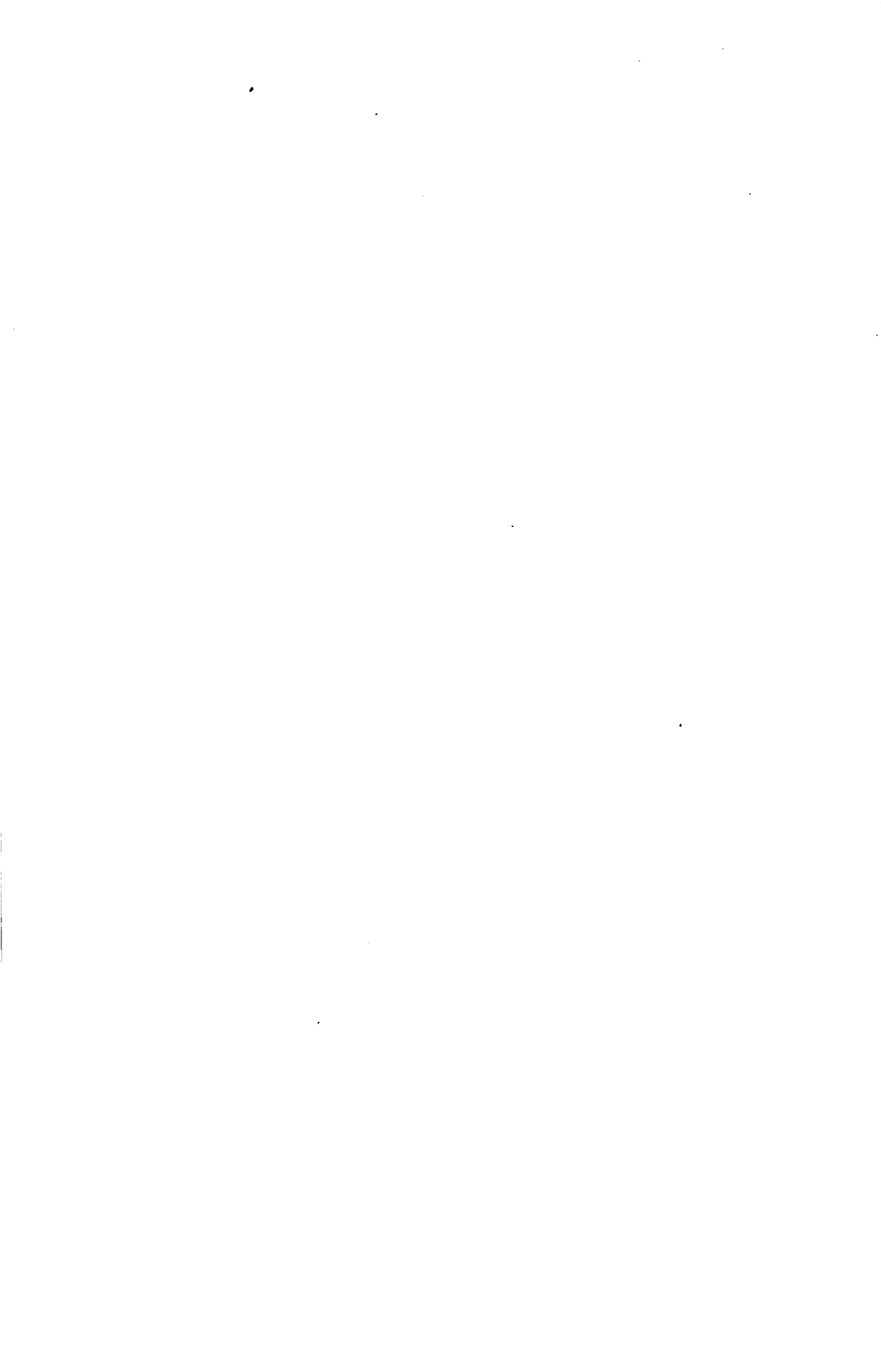






**Este libro se terminó de imprimir  
en el mes de setiembre del 2000  
en los talleres gráficos de  
EDITORAMA S.A.  
Tel.: (506) 255-0202  
San José, Costa Rica**





**oolcafe**  
Instituto del Café de Costa Rica

