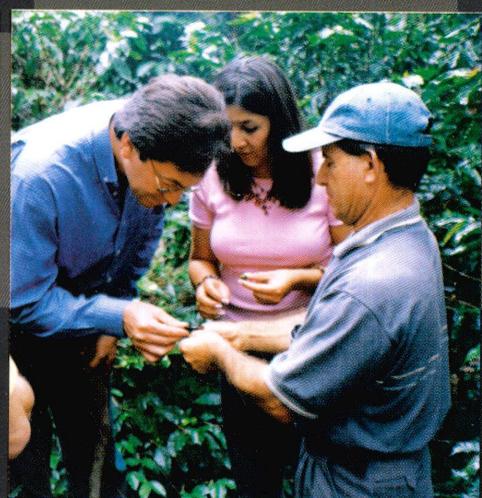


# Resumen del Informe Anual de Actividades

**Cenicafé**  
2003 - 2004



Maria Gilma Chigoro C.



**Cenicafé**  
CENTRO DE DOCUMENTACION

## FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

### COMITÉ NACIONAL DE CAFETEROS

Ministro de Hacienda y Crédito Público  
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural  
Ministro de Comercio, Industria y Turismo  
Director del Departamento Nacional de Planeación

### Miembros elegidos para el período 2003-2006

#### PRINCIPALES

Juan Camilo Restrepo Salazar  
Mario Gómez Estrada  
Cesar Eladio Campos Arana  
Rodrigo Múnera Zuloaga  
Julio E. Marulanda Buitrago  
Carlos Alberto Gómez Buendía  
Floresmiro Azuero Ramírez  
Carlos A. Martínez Martínez

#### SUPLENTES

Pedro Echavarría Echavarría  
Jorge Cala Robayo  
Ramón Campo González  
Rodolfo Campo Soto  
Gerardo Luna Salazar  
Alfredo Yáñez Carvajal  
Jaime García Parra  
Javier Bohórquez Bohórquez

Gerente General

**GABRIEL SILVALUJÁN**

Gerente Administrativo

**LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA**

Gerente Financiero

**CATALINA CRANE DE DURÁN**

Gerente Comercial

**ROBERTO VÉLEZ VALLEJO**

Gerente Técnico

**EDGARECHEVERRIGÓMEZ**

Director Programa de Investigación Científica

Director Centro Nacional de Investigaciones de Café

**GABRIEL CADENA GÓMEZ**

Los proyectos y labores resumidos en el presente documento fueron desarrollados por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe, con el apoyo de algunas entidades externas en ciertos casos. Este documento se distribuye internamente en la Federación y a los interesados bajo el entendido de que los derechos sobre las investigaciones son reservados. Ninguna parte de este documento puede ser reproducida, o transmitida en ninguna forma o a través de ningún medio electrónico o mecánico, incluyendo fotocopias y grabaciones o por medio de cualquier sistema de almacenamiento, sin el permiso escrito de la Dirección General de Propiedad Intelectual de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

© Copyright FNC - Cenicafé 2004.

## PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ

**Editor:**

Hector Fabio Ospina Ospina - Ing. Agr. M. Sc

**Diagramación y Diseño:**

Olga Lucía Henao Lema

**Fotografías:**

Gonzalo Hoyos Salazar - Archivo Cenicafé y  
Disciplinas de Investigación

**Impresión:**

Editorial Feriva S.A.

ISBN 958-97441-3-3

**Carátula:**

Actividades de Investigación Participativa en distintos departamentos cafeteros de Colombia.

Los trabajos suscritos por el personal técnico del Centro Nacional de Investigaciones de Café son parte de las investigaciones realizadas por la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. Sin embargo, tanto en este caso como en el de personas no pertenecientes a este Centro, las ideas emitidas por los autores son de su exclusiva responsabilidad y no expresan necesariamente las opiniones de la Entidad.

Resumen Ejecutivo	11
<b>Productividad Agronómica</b>	18
I. Agroclimatología	18
II. Suelos y Nutrición	20
III. Manejo de Cafetales	43
IV. Investigación Regional	57
V. Micorrizas y Biocontroladores	70
VI. Manejo de Enfermedades	74
VII. Bioinformática	83
VIII. Fisiología del Cafeto	84
IX. Mejoramiento Genético y Biotecnología	92
X. Búsqueda de resistencia a la Broca	96
<b>Viabilidad Económica del Café</b>	100
I. Economías de escala	100
II. Avances en cosecha	112
III. Avances en beneficio	120
<b>Calidad y Cafés Especiales</b>	123
I. Calidad del Café	123
II. Cafés Especiales	130
<b>Sistemas de Producción Complementarios</b>	133
I. Especies Forestales	133
II. Especies de interés económico	140
III. Investigación Adaptativa	142
IV. Tecnología poscosecha de frutas y hortalizas	146
<b>Sostenibilidad Ambiental</b>	148
I. Proyecto iniciativa Darwin	148
II. Manejo integrado de Arvenses	151
III. Entomofauna de la zona Cafetera	160
IV. Manejo integrado de la Broca	162
V. Biología de la conservación	167
VI. Tratamientos de residuos líquidos y sólidos de los procesos del café	169
<b>Conocimiento Estratégico</b>	172
I. Genómica del café, la broca y el hongo <i>Bauveria bassiana</i>	172
II. Bioinformática	173

# CONTENIDO

## Divulgación y Transferencia

- I. Investigación Participativa
- II. Estudios de adopción
- III. Documentación
- IV. Sistemas
- V. Divulgación y Transferencia

174  
174  
176  
178  
179  
180

## Recursos externos Cenicafé - 2004

### Aportantes Nacionales

184

## Recursos externos Cenicafé - 2004

### Aportantes Internacionales

184

## Personal Otros Tipos de Vinculación

184

## Investigadores asociados a Cenicafe

185

## Personal vinculado a Cenicafe

186

# INFORME ANUAL 2003 - 2004

## Presentación Oral

---

### OBJETIVOS

---

#### Particulares

- Conocer qué actividades de investigación se realizaron por parte de cada uno de los participantes durante el tiempo comprendido entre Octubre de 2003 y Septiembre de 2004.
- Informar en cuáles proyectos o experimentos se participó como líder o responsable, y como colaborador o asesor.
- Destacar principalmente los resultados obtenidos y discutir su importancia en relación con los objetivos de los proyectos.
- Hacer conocer de los asistentes, qué otras actividades relevantes se realizaron relacionadas con transferencia, capacitación o planeación de investigaciones.

#### Generales

- Para que sirva de instrumento de evaluación, a la Federación y en particular para CENICAFÉ, de las actividades de investigación y experimentación.
- Evaluar la productividad de CENICAFÉ durante el período del informe.
- Compartir la información sobre los avances de las investigaciones con las directivas de la Federación y, muy especialmente, con los Comités Departamentales de Cafeteros.

LUNES 8 DE NOVIEMBRE AM

MODERADOR: Gabriel Alvarado A.

## INSTALACIÓN

8:00 AM

## PRODUCTIVIDAD AGRONÓMICA

## I. AGROCLIMATOLOGÍA

Red climatológica FNC y ecotopos cafeteros.  
 Ecotopos cafeteros de Antioquia.  
 Componentes hidrológicos en cafetales.  
 Aplicación del programa de balance hídrico.

Orlando Guzmán M. Agroclimatología 8:15 AM  
 José Vicente Baldión R. Agroclimatología 8:30 AM  
 Alvaro Jaramillo R. Agroclimatología 8:45 AM  
 Oscar Fernando Gómez M. 9:00 AM  
 Agroclimatología. Serv. Profesionales

## II. SUELOS Y NUTRICIÓN DEL CAFETO

Avances sobre la respuesta del café a la fertilización con nutrientes secundarios.  
 Dinámica de nutrimentos en la fase líquida del suelo y avances en el estudio del impacto de la erosión en la calidad del suelo.  
 La densidad aparente (DA) del suelo y su efecto sobre el crecimiento del café.

Siavosh Sadeghian K. Suelos 9:15 AM  
 Edgar Hincapié G. Suelos 9:30 AM  
 Alveiro Salamanca J. Suelos- Serv. Profesionales 9:45 AM

## RECESO

10:00 AM

Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del Valle del Cauca.

María Alejandra Patiño G. Suelos. U. de Caldas 10:30 AM

Propiedades de suelos y ciclo de nutrientes en cafetales con guamo y a libre exposición.

Diego Alejandro Cardona C. Suelos. U. Distrital 10:45 AM

Efecto de cuatro fertilizantes foliares sobre la producción del café.

Jhon Wilson Mejía M. Subestación El Rosario 11:00 AM

## III. MANEJO DE CAFETALES

La investigación de operaciones en el proceso del cultivo del café.

Esther Cecilia Montoya R. Biometría 11:15 AM

Sistema de producción barreras de banano intercaladas con café.

Argemiro Miguel Moreno B. Fitotecnia 11:30 AM

Interacciones entre la densidad de siembra del sombrío y producción del café.

Fernando Farfán V. Fitotecnia 11:45 AM

Incidencia y efecto de la crespada en siembras y zocas de café.

Jaime Arcila P. Fitotecnia 12:00 M

LUNES 8 DE NOVIEMBRE PM

MODERADOR: María del Pilar Moncada

## IV. INVESTIGACIÓN REGIONAL

Informe del Programa de Experimentación 2003-2004

José Enrique Baute L. Subestación Pueblo Bello 1:30 PM

## V. MICORRIZAS Y BIOCONTROLADORES

Efecto de *Glomus manihotis* y *G. fasciculatum* en la nutrición de plantas de café y su relación con la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cooke).

Oscar Adrián Guzmán P. Fitopatología. Serv. Profesionales 1:45 PM

Micorrizas arbusculares en los cultivos de heliconias, frutales, hortalizas y forestales de la zona cafetera. Impacto de los nemátodos noduladores en germinador y campo.

Carlos Alberto Rivillas O. Fitopatología. 2:00 PM

Avances en el estudio de fertilizantes químicos y biológicos en el cultivo del café.

Angela María Castro T. Fitopatología-ORIOUS 2:15 PM

Bioprospección de controladores biológicos en la zona central cafetera colombiana.

Patricia Marín M. Fitopatología. Serv. Profesionales 2:30 PM

## VI. MANEJO DE ENFERMEDADES

Avances en resistencia simultánea a llaga macana y roya. Nuevo disturbio en cafetales de altura en el Depto. del Huila.

Bertha Lucía Castro C. Fitopatología. 2:45 PM

MA	Búsqueda de genes expresados diferencialmente en las primeras etapas de la interacción incompatible <i>Coffea arabica</i> - <i>Hemileia vastatrix</i> .	Narmer Fernando Galeano V. Fitopatología. Serv. Profesionales	3:00 PM
MA	Caracterización de genes involucrados en mecanismos de resistencia sistémica adquirida en café.	Marco Aurelio Cristancho A. Fitopatología.	3:15 PM

#### RECESO

	Crespera y fitotoxicidad por glifosato en plantas de café. Metabolitos secundarios en el hongo <i>Beauveria bassiana</i> .	Carlos Alberto Galvis G. Fitopatología. Aristóteles Ortiz. Fitopatología. Serv. Profesionales	3:30 PM 4:00 PM 4:15 PM
MP	Actividad antifúngica de metabolitos del biocontrolador <i>Beauveria bassiana</i> sobre la roya del cafeto.	Jorge William Arboleda V. Fitopatología. Serv. Profesionales	4:30 PM

#### VII. BIOINFORMÁTICA

Avances en bioinformática en Cenicafé: Desarrollo de un sistema cluster.

Carlos Eduardo Orozco S. Fitopatología. Serv. Profesionales 4:45 PM

#### VIII. FISIOLÓGIA DEL CAFETO

Eficiencia fotosintética en varios genotipos de café.

Néstor Miguel Riaño H. Fisiología Vegetal 5:00 PM

Efecto del potencial hídrico del suelo y de la edad de la hoja sobre la actividad fotosintética del cafeto.

Juan Carlos López R. Fisiología Vegetal 5:15 PM

Relación fuente - demanda en el cafeto y actividad fotosintética en especies forestales.

Luis Fernando Gómez G. Fisiología Vegetal 5:30 PM

MARTES 9 DE NOVIEMBRE AM

MODERADOR: Siavosh Sadeghian K.

#### IX. MEJORAMIENTO GENÉTICO

Conservación de la Colección Colombiana de Café. Evaluación de progenies F4RC1 y F2RC2 de híbridos interespecíficos.

Hernando Alfonso Cortina G. Mej. Genético 8:00 AM

Evaluación de introducciones Etiópicas de *Coffea arabica* por resistencia a la roya del cafeto, para cruzamiento con otras fuentes de resistencia.

Gabriel Alvarado A. Mej. Genético 8:15 AM

Avances de búsquedas de fuentes de resistencia a CBD y en el proyecto construcción de un mapa genético de café y su utilización para el análisis de QTLs.

María del Pilar Moncada B. Mej. Genético 8:30 AM

#### X. BUSQUEDA DE RESISTENCIA A LA BROCA

Obtención de plantas de tabaco expresando los genes de inhibidores de amilasas.

José Ricardo Acuña Z. Mej. Genético 8:45 AM

Búsqueda de genes de resistencia a la broca del café.

Beatriz Elena Padilla H. Mej. Genético. Serv. Profesionales 9:00 AM

Identificación de inhibidores de aspártico proteinasas de leguminosas específicos contra las proteasas de la broca.

Diana María Molina V. Mej. Genético 9:15 AM

Transformación con genes de quitinasas para producir plantas resistentes a plagas.

Yolanda Lorena Caycedo P. Entomología. Serv. Profesionales 9:30 AM

#### VIABILIDAD ECONÓMICA DEL CAFÉ

#### XI. ECONOMÍAS DE ESCALA

Determinación de economías de escala en el proceso de beneficio de café.

Carolina Aristizábal A. Economía-Serv. Profesionales 9:45 AM

#### RECESO

#### XII. AVANCES EN COSECHA

Evaluación de la interacción métodos de desprendimiento y patrón de concentración de los frutos maduros en el proceso de recolección.

Luis Eduardo Isaza G. Biometría- Serv. Profesionales 10:30 AM

Método manual de cosecha de café de alto rendimiento. Analizador óptico para los frutos de café.

Juan Carlos Velez Z. Ing. Agrícola. 10:45 AM  
Paula J. Ramos G. Ing. Agrícola- U. Nal. Manizales 11:00 AM



Avances en la evaluación técnico económica de un sistema de cosecha manual asistida del café.	Juan A. Alvarez V. Ing. Agrícola. Serv. Profesionales.	11:15 AM
Avances en cosecha con la herramienta DESCAFE.	César Augusto Ramírez G. Ing. Agrícola	11:30 AM
Avances en cosecha manual con la herramienta RASELCA.	Juan D. Buenaventura A. Ing. Agrícola. Serv. Profesionales	11:45 AM

**MARTES 9 DE NOVIEMBRE PM**

**MODERADOR: Esther Cecilia Montoya**

Cosecha manual de café con el dispositivo AroAndes.	Hugo Andrés López F. Ing. Agrícola. Serv. Profesionales.	1:30 PM
Avances en cosecha con aplicación de vibro-impactos controlados.	Gonzalo Roa M. Ing. Agrícola	1:45 PM
Avances en evaluación del sistema mecánico de cosecha de café para terreno escarpado Ergatis.	Juan R. Sanz U. Ing. Agrícola.	2:00 PM
Avances en cosecha de café, beneficio, secado y recolección de frutos del suelo con aspiradora Cifarelli.	Carlos Eugenio Oliveros T. Ing. Agrícola.	2:15 PM

**CALIDAD Y CAFES ESPECIALES**

**XIII. CALIDAD DEL CAFÉ**

Evaluación de riesgos para la calidad e inocuidad del café en los procesos de beneficio y almacenamiento	Gloria Inés Puerta Q. Química Industrial	2:30 PM
--	--	---------

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE CAFÉS ESPECIALES**

Especies leguminosas empleadas como abonos verdes	Ana Mayerly Jiménez S. Fitotecnia. U. de Caldas	2:45 PM
---	---	---------

**SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COMPLEMENTARIOS**

**XIV. ESPECIES FORESTALES NATIVAS**

Resultados del ensayo de procedencias y progenies para <i>Cordia alliodora</i> . Sexto año de evaluación.	Carlos Mario Ospina P. Programa ETIA	3:00 PM
Ensayos de densidad para plantaciones de especies forestales nativas.	Jary Arnold Medina O. Programa ETIA. Serv. Profesionales	3:15 PM

**RECESO**

3:30 PM

Caracterización estructural y florística de bosques de zona cafetera.	John Freddy Saldarriaga. Programa ETIA. Serv. Profesionales	4:00 PM
Ecuaciones y tablas de volumen para especies forestales nativas.	Alexander Godoy B. Programa ETIA. Serv. Profesionales	4:15 PM

**XV. OTRAS ESPECIES DE INTERÉS ECONÓMICO**

Producción de antocianinas a partir de explantes de mora ( <i>Rubus glaucus</i> ).	Luz Fanny Echeverry G. Mej. Genético. Serv. Profesionales	4:30 PM
Propagación y recolección de material vegetal para cultivo de tejidos in vitro, determinación de metabolitos secundarios y determinación botánica de varias especies vegetales de la zona cafetera colombiana.	Jorge Enrique Barrera G. Mej. Genético. Serv. Profesionales	4:45 PM
Diversidad del género passiflora en la zona cafetera colombiana.	Andrés Mauricio Villegas H. Mej. Genético. Serv. Profesionales	5:00 PM
Identificación de secuencias de cDNAs de plantas medicinales de la zona cafetera colombiana.	Maria Paola Rangel L. Mej. Genético. Serv. Profesionales	5:15 PM

**XVI. INVESTIGACIONES EN MAÍZ**

Pruebas de eficiencia agronómica de maíces blancos promisorios para la zona cafetera- Convenio FNC-Fenalce-CIMMYT.	Henry Vanegas Angarita. Fenalce	5:30 PM
--	---------------------------------	---------

MIÉRCOLES 10 DE NOVIEMBRE AM

MODERADOR: Carlos E. Oliveros T.

**XVII. INVESTIGACIÓN ADAPTATIVA**

Avances de la investigación de macadamia en Colombia.  
 Avances de la evaluación de cítricos y maracuyá.  
 Avances de la identificación de hemípteros plaga en el cultivo de macadamia y de sus enemigos naturales.

Clemencia Villegas G. Programa ETIA 8:00 AM  
 José Arthemo López R. Programa ETIA 8:15 AM  
 Henry Walforth Sánchez S. Programa ETIA, U. de Caldas 8:30 AM

**XVIII. TECNOLOGÍA POSCOSECHA FRUTAS Y HORTALIZAS**

Evaluación del tratamiento cuarentenario T 107-a sobre la calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L)  
 Caracterización y normalización de la uva isabella (*Vitis labrusca* L.)  
 Caracterización y normalización de producto y empaque para productos hortifrutícolas.

María Cristina Chaparro C. Programa ETIA 8:45 AM  
 Claudia Rocío Gómez P. Programa ETIA 9:00 AM  
 Juan Mauricio Rojas A. Programa ETIA 9:15 AM

**SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL****XIX. PROYECTO INICIATIVA DARWIN**

Proyecto de la Iniciativa Darwin - Algunos aspectos sobre el manejo sostenible de las fincas

Hugo Mauricio Salazar E. Economía. Serv. Profesionales 9:30 AM

**XX. MANEJO INTEGRADO DE ARVENSES**

Interferencia y manejo de arvenses en el cultivo del café y avances en la prevención y control de movimientos masales.

Luis F. Salazar G. Suelos 9:45 AM

**RECESO**

10:00AM

**XXI. ENTOMOFAUNA DE LA ZONA CAFETERA**

Colección e identificación de artrópodos en la zona cafetera.

Zulma Nancy Gil P. Entomología 10:30 AM

Las mariposas diurnas como indicadores biológicos en el cultivo del café.

Camilo Andrés Valencia M. Entomología. U. de Caldas 10:45 AM

Caracterización morfológica y molecular de hormigas de importancia en la zona cafetera Colombiana.

Sergio Prieto H. Entomología. Serv. Profesionales 11:00 AM

Monitoreo de poblaciones de broca en cafetales usando trampas cebadas con atrayentes.

Alex Enrique Bustillo P. Entomología 11:15 AM

**XXII. ENTOMONEMÁTODOS PARA EL CONTROL DE LA BROCA**

Diversidad biológica de entomonemátodos de las familias Steinernematidae y Heterorhabditidae de la zona cafetera colombiana.

Liliana María Cano M. Entomología. Serv. Profesionales 11:30 AM

Producción in vivo de entomonemátodos para el control de la broca del café.

Francisco Javier Realpe A. Entomología. Serv. Profesionales 11:45 AM

Frecuencia y dosis de aplicación de entomonemátodos en cafetales.

Juan Carlos Lara G. Entomología. Serv. Profesionales 12:00 M

MIÉRCOLES 10 DE NOVIEMBRE PM

MODERADOR: Pablo Benavides M.

**XXIII. BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN**

Bosques y murciélagos: sus relaciones ecológicas.

John Harold Castaño S. Biol. de la Cons. Serv. Profesionales 1:30 PM

Herramientas de conservación: adelantos en su desarrollo.

Jorge Eduardo Botero E. Biol. de la Cons. 1:45 PM

**XXIV. TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES**

Postratamiento de aguas residuales del beneficio del café. Reduzca el pago de la tasa retributiva.

Nelson Rodríguez V. Química Industrial 2:00 PM  
 Diego Antonio Zambrano F. Química Industrial 2:15 PM

## DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA

### XXV. INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA

Estudios de caso del manejo integrado de la finca con respecto a la broca del café en fincas de caficultores empresariales.

Héctor Iván Trujillo E. Entomología. U. de Caldas 2:30 PM

Investigación participativa una alternativa de cambio en la generación, validación y transferencia de tecnologías.

Luis Fernando Aristizábal A. Entomología. Serv. Profesionales 2:45 PM

### XXVI. ESTUDIOS DE ADOPCIÓN

Estudio de adopción de la Variedad Colombia.

Hernando Duque O. Economía 3:00 PM

### RECESO

3:15 PM

### XXVII. DOCUMENTACIÓN

Informe Anual 2003-2004 del Centro de Documentación.

Nancy Cecilia Delgado R. Documentación 3:45 PM

### XXVIII. SISTEMAS

Informe Anual 2004 Disciplina de Sistemas.  
www.cenicafe.org: Información técnica sobre el Café Colombiano en Internet.

Luis Ignacio Estrada H. Sistemas 4:00 PM

Carlos Hernán Gallego Z. Sistemas 4:15 PM

### XXIX. DIVULGACIÓN

Actividades generales de divulgación y transferencia.

Héctor Fabio Ospina O. Divulgación 4:30 PM

## GESTIÓN ADMINISTRATIVA

### XXX. DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

Actividades del Departamento.

Luis Carlos Carmona L. Depto. Servicios Administrativos 4:45 PM

### XXXI. DIRECCIÓN

Informe de la Dirección 2003-2004.

Gabriel Cadena G. Director 5:00 PM

### JUEVES 11 DE NOVIEMBRE AM

MODERADOR: Gabriel Cadena G.

### GENÓMICA DEL CAFÉ

8:00 AM

### GENOMA DE LA BROCA

9:45 AM

### BIOINFORMÁTICA

11:45 AM

# Resumen Ejecutivo

---

## CENICAFÉ, Investigación Científica y Transferencia al Servicio del Caficultor



Durante el año cafetero 2003-2004, en cumplimiento de su Misión, Cenicafé generó nuevos conocimientos y entregó tecnologías que están contribuyendo al bienestar de los caficultores colombianos gracias a la reducción de los costos de producción, el incremento de la productividad y la sostenibilidad, la producción de cafés de calidad, los sistemas de producción complementarios y el esfuerzo de transferencia de tecnología a través del Servicio de Extensión. También se avanzó en la investigación estratégica con la iniciación de las investigaciones sobre el genoma del café, de la broca y del hongo *Beauveria bassiana*, gracias a la cofinanciación del Gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Se realizaron 34 convenios de cofinanciación con entidades nacionales e internacionales, que permitieron la ejecución de 83 experimentos en favor de la caficultura nacional. En total, se realizaron 307 experimentos, los cuales con sus repeticiones totalizan 693 actividades de investigación. De éstas, 247 (35%), se realizaron en fincas de caficultores. El desarrollo de esta agenda investigativa fue posible gracias a la actividad de 161 empleados de nómina y 88 empleados asociados financiados por proyectos cofinanciados.

Se destacan los siguientes resultados sobresalientes de acuerdo con el Plan Estratégico y el Plan Quinquenal de Cenicafé 2004-2008, aprobados por el Subcomité Técnico de la Federación:

### Productividad Agronómica

Se seleccionaron nuevos genotipos de café, que se utilizarán para la entrega de nuevas variedades de café arábigo seleccionadas por sus atributos de calidad, producción, resistencia a la roya y probable tolerancia a la enfermedad de la cereza del café. Se corroboró que en plantas de algunas especies de

*Coffea*, ocurren menores tasas de desarrollo de la broca del café respecto a las variedades comerciales.

En las investigaciones sobre sistemas agroforestales con café, se determinó la mejor interacción del sombrío con el café, para cada región específica, con el fin de maximizar la productividad del café y a la vez disminuir los costos de producción mediante un uso racional de los recursos externos. En relación con el empleo del banano intercalado con café, se demostró que la distancia de 4 metros entre las barreras de banano no es adecuada como sombrío productivo porque afecta la producción del café, por tanto las distancias recomendadas son seis u ocho metros entre barreras del banano. De esta forma se obtiene buenas producciones de café e ingresos adicionales con la producción y venta del banano. Con respecto a la fertilización del café, por primera vez se encontró respuesta al suministro de azufre, se ratificó el efecto benéfico de fuentes solubles de calcio en dos localidades y se avanzó en el conocimiento sobre el efecto del nitrógeno y del potasio. Se corroboró que la materia orgánica proveniente del guamo (*Inga spp*), sirve para mejorar algunas de las características físicas del suelo, contribuyendo a la producción. Se estudió la densidad aparente del suelo en ocho unidades de suelos características de las zonas cafeteras más representativas del país, encontrándose que esta característica física de los suelos afecta el crecimiento temprano de la planta de café. Se caracterizó la fertilidad del suelo de la zona cafetera del Valle del Cauca. En relación con las investigaciones sobre la redistribución de la lluvia y el transporte de nutrimentos en diferentes agroecosistemas de cafetales, se destaca que los valores de almacenamiento de agua en la parte aérea para los nueve agroecosistemas estudiados varía entre 0,3 mm y 1,8 mm. Las cantidades de lluvia neta que ingresan al suelo y estarían disponibles para su uso por parte de las plantas de café presentan proporciones muy bajas, del orden del 40 al 60 % para todos los agroecosistemas. En cuanto al contenido de humedad en el suelo entre los 15 y los 45 cm de profundidad, las menores restricciones de agua en el suelo se

observan en los agroecosistemas de café a libre exposición solar y bajo sombrío de eucalipto.

Durante esta vigencia se enviaron a los Comités Departamentales de Cafeteros 40.051 kg de semilla de la variedad Colombia y 1.896 kg de la variedad Tabi.

### Viabilidad Económica del Café

Con las tecnologías para la cosecha mecanizada del café, en pases "pico", se ha logrado incrementar el rendimiento operativo (kg/h) en el rango del 300% al 500%, con calidad de cosecha cercana a la obtenida con el sistema manual tradicional. Se realizaron investigaciones para el desarrollo de tecnologías portátiles para la cosecha selectiva del café, tales como vibradores portátiles del tronco, tecnologías para el uso y manejo de mallas y dispositivos para la cosecha manual asistida. En experimentos sobre el empleo del método mejorado de recolección, una vez capacitados los recolectores, se comprobó que aumentó la eficiencia operativa entre un 44% y un 187%, disminuyendo el porcentaje de frutos verdes dejados en el suelo y mejorando la calidad. La evaluación del empleo del método en lotes con pendientes superiores al 70%, permitió demostrar que el rendimiento de la recolección se incrementó entre el 22% y el 60% respecto al método tradicional, sin observarse diferencias en las variables de eficacia, calidad y pérdidas. También se demostró que el rendimiento (eficiencia) y el porcentaje de frutos verdes recolectados depende de la interacción: método de recolección, concentración y porcentaje de maduración. En los ensayos con equipos para la recolección de frutos caídos al suelo en la cosecha, se ha comprobado que es posible recoger hasta el 80% y se ha observado un efecto positivo sobre la dinámica de la broca. En el secado del café se logró una disminución del 23% en los costos por metro cuadrado de construcción de los secadores parabólicos gracias a la modificación del piso, utilizando mallas plásticas en lugar de concreto. También se diseñó un nuevo rastrillo con el cual se facilita

la mezcla correcta del café y su transporte durante la etapa del secado. Para retirar las cerezas de menor densidad (inferior calidad) y los objetos duros durante el proceso del beneficio húmedo del café, se desarrolló un dispositivo mecánico de bajo costo basado en un tornillo sinfín y un volumen de agua de tan solo 50 litros con recirculación. Se realizaron estudios sobre la identificación de economías de escala en el proceso de beneficio del café; identificación de indicadores de desempeño utilizados por los caficultores en el Departamento de Risaralda; perspectivas de producción en el actual entorno del sector y análisis económicos de diferentes prácticas de manejo de cafetales (sistemas de producción, manejo de arvenses, sistemas de renovación). Se cuantificó la reducción de costos de producción con el manejo integrado de arvenses, y se demostró que esta tecnología no afecta la productividad de los cafetales. También se determinó el tiempo mínimo necesario para conseguir eficiencia del uso del selector de arvenses antes de una lluvia. En cuanto al disturbio conocido como "crespera", que generalmente se presenta en lotes zoqueados, se comprobó que las siembras nuevas de café en el mismo lote no son afectadas.

## Calidad y Cafés Especiales

En desarrollo del proyecto internacional cofinanciado por la FAO, se realizaron varios experimentos relacionados con el efecto del tipo de beneficio y la superficie de secado sobre la calidad y la inocuidad del café. Para el secado de cerezas en superficie de cemento se requirieron 25 a 34 días, mientras que en lonas y madera, 27 días. Esto demuestra que el secado de cerezas es muy lento y por tanto, se arriesga la calidad sanitaria del producto. Para el secado de café en piso de cemento fueron necesarios de 22 a 34 días para que un peso de 26 kg de café pergamino húmedo por metro cuadrado de secador alcanzara 10 a 12% de humedad (capa de 4 cm de espesor). Para piso de madera, se requirieron 16 a 20 días. El café presentó valores críticos de actividad de agua (aw) (0.86 a 0.78) entre 26 y 18% de humedad,

que correspondió a los 14 días para el secado en cemento y 10 días para el secado en madera. La madera presenta riesgos para la calidad debido a que generalmente no es una superficie completamente lisa y puede transmitir olores y sabores indeseables al café. No hubo diferencias en el tiempo de secado debidas al proceso de beneficio tradicional o al Becolsub. Al evaluar la calidad organoléptica según el secado, se encontró que el 83,5% de las tazas presentaron buena calidad; es importante destacar una alta aceptación del 93,75% para el café secado en secador solar parabólico con piso de cemento comparado con un 72% para el caso de secado en carros de madera. La adopción de Buenas Prácticas de Higiene y Proceso BPH y BPM contribuyen a evitar el deterioro del café por hongos (mohos) y los riesgos de ocurrencia de OTA durante el beneficio y el secado. Se recomienda:

- Secar el café en lugares y superficies limpias y secas.
- Utilizar cargas de 13 a 20 o máximo 26kg de café pergamino húmedo por metro cuadrado (2 a 4cm de espesor de capa).
- Revolver el café con rastrillos limpios, al menos tres a cuatro veces en un día y más frecuentemente los dos primeros días para favorecer la evaporación del agua. No pisar la masa de café.
- Los secadores parabólicos son una buena opción, debido a que facilitan el manejo del café sin cubrirlo con plásticos o superficies, en las noches o cuando llueve.

Para evaluar el efecto sobre la calidad física y organoléptica del café se comparó el beneficio de café cereza fresco, con el de café cereza almacenado por dos y tres noches en los costales provenientes del campo. El café se procesó por fermentación y mediante Becolsub y se secó una parte al sol y otra con secado lento controlado. El menor porcentaje de defectos se encontró al procesar con condiciones de tiempo controladas y con separación de defectos, residuos e impurezas entre todas las etapas del

beneficio, desde la recolección hasta el secado. Cuando se almacenó el café en cereza se rechazaron entre 88 y el 100% de las tazas. Los defectos predominantes fueron el vinagre, fermento y sabores a tierra y fenol. Por consiguiente, las siguientes prácticas **no se recomienda** para el procesamiento del café en Colombia:

- Retrasar el inicio del proceso dejando el café cereza en costales por noches y días.
- Dejar el café en los tanques por tiempos prolongados para que ocurra la fermentación del mucílago.
- No separar los defectos durante el procesamiento.
- Secar lentamente el café a la sombra.

Estas prácticas constituyen típicos ejemplos de **inadecuadas o malas prácticas** en el procesamiento del café por vía húmeda.

### Sostenibilidad Ambiental

Con el apoyo del proyecto GEF-Andes y del Instituto Humboldt, se realizaron estudios sobre la biodiversidad de aves, plantas y hormigas en los municipios de El Cairo (Valle), Támesis (Antioquia), y San Gil y Pinchote (Santander).

Dentro del Convenio con Minambiente se realizó el estudio sobre el efecto de la fragmentación de los bosques en la zona cafetera sobre la diversidad genética en las poblaciones de flora y fauna silvestre. Se completó la primera etapa que consistió en la caracterización de la biodiversidad de aves, murciélagos y plantas en 15 fragmentos de bosque en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío y Risaralda.

Dentro del proyecto cofinanciado por la Iniciativa Darwin se realizó el estudio titulado "Biodiversidad y productores de café colombianos: Construyendo capacidad para valor agregado". Se realizó la caracterización de la avifauna en 80 fincas cafeteras de Manizales y

Palestina, Caldas. También se trabajó con los caficultores, con el propósito de conocer sus percepciones acerca de la biodiversidad. El proyecto "Conservación de las aves migratorias boreales en zonas cafeteras de los Andes colombianos", se realiza con el apoyo del Convenio con The Nature Conservancy y US Forest Service. Con el apoyo de Colciencias se realizó un estudio sobre las mariposas diurnas como indicadores biológicos en el café a libre exposición y bajo sombra en el cual se registraron 222 especies. A la colección entomológica ingresaron 808 nuevas especies de insectos.

Para monitorear la broca del café se desarrollaron trampas cebadas con alcoholes encontrándose que la mayor actividad del insecto ocurre en los meses de febrero a abril de cada año. En relación con el empleo de entomonematodos como parte del control biológico, se encontró que dos especies tienen el potencial para ser empleados en el manejo integrado de la broca. En relación con la conservación de los suelos, se identificaron las causas antrópicas más comunes de la erosión avanzada en la zona cafetera y su relación con las propiedades físicas y mecánicas del suelo, al igual que el efecto de las raíces.

### Conocimiento Estratégico

Con la cofinanciación del Gobierno Nacional a través del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se iniciaron las actividades del Proyecto sobre el genoma del café, de la broca y del hongo *Beauveria bassiana*. Este proyecto está organizado en 24 experimentos a cargo de los investigadores de Cenicafé y de un grupo de 21 profesionales asociados. Se realiza en colaboración con la Universidad de Cornell, la Universidad de Maryland, el IRD de Francia y el seguimiento científico de la Universidad de Cornell y el CIAT.

El Plan Operativo del proyecto se relaciona con los siguientes temas:

- Genómica del café (estructural, funcional);
- Genómica de la broca (funcional, proteómica);

## Genómica del hongo (funcional) y Bioinformática.

Los primeros estudios del genoma del café han permitido determinar la amplia diversidad de genes de resistencia que se encuentra en el germoplasma de *Coffea arabica*. Se identificaron genes candidatos de defensa a roya expresados en materiales de café inducidos con productos biológicos. Estos genes podrán utilizarse para la selección temprana de germoplasma de café promisorio por su resistencia a enfermedades. Se cuenta en condiciones de campo con las poblaciones para elaborar el mapa genético del café y se identificaron marcadores moleculares necesarios para su construcción. Se inició la construcción de una librería BAC del café para el estudio de la genómica de una especie tetraploide. Se iniciaron los estudios para conocer los principales compuestos químicos asociados con la calidad del café en genotipos sobresalientes. En la interacción entre la planta de café y la broca, se identificaron genes candidatos que se expresan a las 24 horas.

Respecto al genoma de la broca se obtuvo la secuencia genética de 100 clones que constituyen la primera referencia genómica del insecto. Uno de ellos, relacionado con mecanismos de defensa del insecto. Se identificaron proteínas relacionadas con el metabolismo de la broca.

En cuanto al hongo, se identificaron alrededor de 100 secuencias de genes, directamente involucradas en los procesos de infección a la broca. Se logró la expresión *in vitro* de cinco proteínas útiles en la evaluación de dietas artificiales para evaluar antibiosis contra el insecto.

En el área de Bioinformática se han desarrollado tres bases de datos estructuradas de secuencias de ADN y proteínas de café que incluyen secuencias de microsatélites de café, STSs, ESTs y genes de resistencia. En estas bases de datos existen organizadas aproximadamente 3.000 secuencias de ADN de café y organismos relacionados y están siendo actua-

lizadas constantemente. Las bases de datos se han desarrollado con herramientas con licencia GNU como Linux, PHP y MySQL, las cuales se han utilizado para desarrollar la gran mayoría de bases de datos en Bioinformática tales como GenBank por lo que son totalmente compatibles para el intercambio de información con otras bases de datos moleculares en el mundo. Se han implementado herramientas para el análisis de secuencias de ADN como wEMBOSS y wBLAST en una plataforma Web para la fácil utilización de los investigadores del Centro. Se desarrolló la plataforma de un sistema LIMS para la administración de proyectos; este sistema está actualmente en proceso de implementación en los proyectos de estudio del genoma del café y el objetivo es tener un sistema en ambiente Web que integre todas las herramientas para la administración de los proyectos de investigación que en el área de la genómica adelanta Cenicafé. Se implementó un sistema Cluster para el procesamiento de información; este sistema está conformado por cuatro computadores y un servidor que trabajan en paralelo y próximamente el Cluster crecerá hasta llegar a estar conformado por al menos diez computadores y cuatro servidores para agilizar el análisis de datos moleculares que requieren altas capacidades de procesamiento.

## Sistemas de Producción Complementarios

Con los experimentos sobre fertilización del maíz se pudo ajustar el plan de fertilización así: 120kg/ha de nitrógeno, 100kg/ha de fósforo y 50kg/ha de cloruro de potasio. El potasio debe fraccionarse mitad con la siembra y mitad 30 días después de la emergencia junto con el nitrógeno. Dentro del Convenio FNC-Cimmyt-Fenalce, se logró la selección de dos híbridos de maíz blanco, aprobados por el ICA para su siembra comercial en la zona cafetera. Estos materiales tienen un potencial productivo de 10 toneladas por hectárea.

Se seleccionaron tres genotipos de alta productividad de nogal cafetero y guayacán rosado,



en cada zona cafetera del país, que pueden asociarse con el café para obtener beneficios económicos adicionales. Se obtuvieron los modelos de productividad en volumen de madera ( $m^3/ha$ ) para cuatro especies forestales adaptadas a la zona cafetera.

Se continuaron investigaciones sobre macadamia, cítricos y la generación de normas técnicas de frutales y hortalizas en colaboración con el Ministerio de Agricultura y el SENA

### Divulgación y Transferencia de Tecnología

Durante el año cafetero 2003-2004 en 164 eventos se atendieron 4.409 visitantes en la sede principal de Cenicafé en Chinchiná, de los cuales 1.815 fueron estudiantes universitarios, 2.350 caficultores, 210 empleados del Servicio de Extensión y 29 ciudadanos extranjeros. Se destaca especialmente la visita de caficultores, dirigentes y extensionistas del Departamento de Cundinamarca. En las subestaciones experimentales se atendieron 7.076 personas, principalmente caficultores y empleados del Servicio de Extensión.

**Investigación Participativa.** Este proyecto tiene como objetivo contribuir a mejorar la adopción del manejo integrado de la broca del café en los predios de los caficultores participantes y con la participación de técnicos del Servicio de Extensión. En el estudio participan 46 pequeños caficultores de las veredas El Porvenir de Viterbo (Caldas), Morelia Alta y Naranjal de Quimbaya (Quindío) y la Cancha de Balboa (Risaralda). Adicionalmente se conformó un grupo de 12 caficultores empresariales de la vereda La Libertad de Risaralda (Caldas). Este grupo surgió como una iniciativa de los caficultores y del Servicio de Extensión de Caldas, quienes vieron la necesidad de trabajar conjuntamente con Cenicafé, para buscar soluciones al problema de la broca en sus fincas. Los resultados muestran una adopción de las recomendaciones sobre el manejo de la broca que se ha reflejado en la mejor calidad y precio del café producido en este año. También

se intensificó la capacitación de extensionistas y de caficultores en el manejo adecuado de tecnologías de aplicación de plaguicidas. Se realizaron 29 cursos, de los cuales cuatro fueron para técnicos de los departamentos de Antioquia y Tolima y 25 para caficultores de Caldas, Antioquia, Risaralda, Tolima, Valle del Cauca y Cundinamarca.

Con el apoyo del Servicio de Extensión se realizó el estudio sobre la adopción de la variedad Colombia en 28 municipios de ocho departamentos. El nivel de adopción encontrado fue del 53% y el grado de adopción del 64%.

En cuanto a Publicaciones se editaron cuatro números de la Revista Cenicafé correspondientes a los volúmenes 54(3 y 4) y 55 (1 y 2), que reúnen un total de 24 artículos científicos. El Boletín Técnico No 26 "El tambor, especie forestal nativa: cultivo y aspectos fitosanitarios en Colombia"; los Avances Técnicos del número 316 al 327, las Brocartas Nos 35, 36 y 37, las Biocartas 1, 2 y 3, y cinco libros con información desarrollada en Cenicafé. Se destaca la edición de la Cartilla Cafetera Tomo II (Café orgánico, Manejo integrado de la broca, Disturbios fisiológicos y nutricionales, Manejo de otras plagas, Manejo de enfermedades, Manejo de productos biológicos y químicos, Recolección del café, Beneficio I: Despulpado, desmucilaginado y lavado, Beneficio II: Secado, Manejo de productos del beneficio, Tratamiento de aguas residuales, Obtención de ingresos adicionales), con la cual se completa una guía de producción para pequeños caficultores.

Para la distribución de publicaciones se utilizó la base de datos con 9.597 suscriptores. Un suscriptor puede representar a varios usuarios como el caso de las UMATAS donde se envían tantos ejemplares como funcionarios posea ésta. El remanente se entrega entre los participantes a eventos de capacitación, visitas a Cenicafé o para aquellas personas que lo solicitan directamente. Esto asegura una entrega efectiva del total de ejemplares impresos. Se distribuyeron 150.258 de la publicación Avances Técnicos; 32.207 ejemplares de la Brocarta;

8.307 ejemplares de la Revista Cenicafé y 3.000 del Boletín Técnico No 26. Es importante resaltar que en canje se recibieron 217 Revistas nacionales e internacionales y 153 folletos, que ingresan al Centro de Documentación de Cenicafé y se colocan al servicio de consulta interno y externo.

Con el apoyo de Colciencias y CINTEL, se desarrolló el portal de Cenicafé en Internet, ([www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)) el cual busca ser un medio de comunicación y capacitación permanente para el Servicio de Extensión y los caficultores.

Se entregaron los contenidos para los cursos de E-learning en los temas de fisiología vegetal, climatología y las primeras lecciones del módulo sobre suelos.

### Reconocimientos a Cenicafé

- El investigador de la Disciplina de Entomología, microbiólogo Juan Carlos López N, recibió en el XXXI Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología – SOCOLEN, en Bogotá, la Distinción Especial en la categoría de Jóvenes Investigadores “por su destacada y productiva labor en el campo de la investigación entomológica en Colombia con nematodos entomopatógenos”
- En el XIV Congreso Latinoamericano y XII Congreso Colombiano de la Ciencia del Suelo, en Cartagena, el Ingeniero Agrónomo investigador de la Disciplina de Suelos, Hernán González Osorio, recibió el PREMIO NACIONAL DE LA CIENCIA DEL SUELO “Francisco Silva Mojica”, por la realización de la investigación “Disponibilidad del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilización”. El premio consiste en una beca para realizar estudios de Maestría en Suelos en la Universidad Nacional de Colombia. El investigador Siavosh Sadeghian recibió una Mención de Honor por la dirección académica de la investigación premiada.
- El Ingeniero Agrónomo Carlos Ariel Angel, investigador de la Disciplina de Fitopatología, recibió una beca de estudios de Doctorado de la Universidad de Missouri, Department of Plant Microbiology and Pathology por cinco años.

Gabriel Cadena Gómez

Director

Chinchiná, noviembre 11 de 2004

### *In memoria*

De Sergio Castaño González, Ingeniero Agrónomo. Director  
División Técnica Comité Departamental de Cafeteros del Quindío.  
1950-2004

# Productividad Agronómica

## I. AGROCLIMATOLOGÍA

Los avances más importantes en la vigencia del año cafetero octubre de 2003 – septiembre de 2004, son los siguientes:

### Obtención y procesamiento de la información meteorológica de la zona cafetera. ACL- 1-0.



**Funcionamiento, procesamiento y cobertura de la red climática de estaciones en la zona cafetera. ACL-1-1, ACL-1-2, ACL-1-4, ACL-1-8 y ACL-1-9.** Durante el período de octubre de 2003 y septiembre de 2004, estuvieron en operación 221 estaciones componentes del Servicio Meteorológico de FNC, las cuales se discriminan así: 56 estaciones climatológicas principales, 9 estaciones heliopluiográficas, 7 estaciones pluviográficas y 149 estaciones pluviométricas. El manejo se adelantó mediante 113 visitas de inspección, mantenimiento y calibración al instrumental meteorológico en toda la zona cafetera, que dio como resultado la obtención de información completa y de buena calidad.

La información proveniente de la red meteorológica correspondiente a los elementos de temperaturas (media, mínima y máxima) y humedad relativa se revisó y procesó hasta el mes de julio de 2004. El brillo solar está evaluado y digitado en un 60% hasta el mes de diciembre de 2003, mientras que los registros pluviométricos de 149 sitios se encuentran al día. El Anuario Meteorológico Cafetero del año 2002 se entregó y se editó en febrero de 2004.

En el programa de ampliación de la cobertura de la red meteorológica actual, las actividades desarrolladas fueron las siguientes:

- La estación heliopluiográfica La Esperanza pasó a la categoría de climatológica principal en el municipio de Pijao, Quindío (4°18' N, 75°44' W, altitud 1.670m)

- En el municipio de Anserma, Caldas, se instaló una estación pluviométrica (5°14' N, 75°45' W, altitud 1.783m).
- En el municipio de Belalcázar, Caldas, se instaló una estación pluviométrica (5°01' N, 75°48' W, altitud 1.348m).
- En el municipio de Planadas, Tolima, se instaló una estación climatológica principal en la finca del caficultor Sr. Luis Alberto Casas, a una altitud de 1.850m y coordenadas geográficas: 3°16' N y 75°41' W.

#### **Estudios micrometeorológicos en sistemas de producción. ACL-4-0.**

**Redistribución de la lluvia y transporte de nutrientes en diferentes agroecosistemas de cafetales. ACL-4-4, ACL-4-5, ACL-4-6.** En los resultados de avances se destaca que los valores de almacenamiento de agua en la parte aérea para los nueve agroecosistemas de cafetales analizados varían entre 0,3mm y 1,8mm. Las cantidades de lluvia neta que ingresan al suelo y estarían disponibles para el uso del café presentan proporciones muy bajas, del orden de 40 al 60%, para todos los agroecosistemas. En cuanto a los contenidos de humedad en el suelo entre los 15 y los 45cm de profundidad, las menores restricciones de agua en el suelo se observan en los agroecosistemas de café a libre exposición solar y bajo sombrío de eucalipto.

En el transporte de nutrientes en cafetales con sombrío de guamo, se observaron diferencias entre las parcelas no fertilizadas con las fertilizadas. De igual forma hubo una alta concentración de potasio en el agua de lavado foliar y en la percolación a 40cm de profundidad en las parcelas fertilizadas. Se registraron altas cantidades de calcio y magnesio que son transportadas a través del perfil del suelo hacia capas más profundas.

#### **Zonificación agroecológica de la zona cafetera. ACL-6-0.**

**Caracterización de los elementos de lluvia, temperatura, brillo solar y humedad relativa para los ecotopos cafeteros de la cuenca del Río Cauca. ACL-6-2 y ACL-6-3.** Se publicaron los resultados de la oferta ambiental encontrada en los ecotopos 201A, 202A, 203A, 102B y 103B, pertenecientes al departamento de Antioquia. Las memorias y mapas se entregaron para consulta y uso en el respectivo Comité Departamental de Cafeteros.

Se realizó la digitalización de los mapas de las estaciones meteorológicas e isóneas de las variables de clima para los ecotopos 101B, 105B y 204A, a través de ILWIS; y se desarrolló el informe final sobre las «Características Climáticas del Ecotopo 101B» en el departamento de Antioquia.

Dentro del Proyecto de Cafés Especiales, en la Sierra Nevada de Santa Marta y en el Departamento del Huila, se adelantó el inventario de las estaciones meteorológicas y se obtuvo del IDEAM la información histórica diaria de lluvia, para un total de 176 estaciones; de éstas, 53 también cuentan con información histórica mensual de otros elementos del clima. Igualmente se ha adelantado la digitalización de los mapas básicos y límites de los ecotopos de la Sierra Nevada.

#### **Estudio de las lluvias en la zona cafetera. ACL-7-0.**

**Cálculo del balance hídrico y períodos de persistencia de la lluvia en el área de influencia del cultivo forestal de Smurfit Cartón de Colombia; Influencia del El Niño y La Niña. ACL-7-2.** Actualmente se están ejecutando las siguientes actividades:

- Identificación de los períodos con influencia del fenómeno El Niño para las estaciones existentes en la base de datos que consulta la aplicación.
- Identificación de los períodos con influencia del fenómeno La Niña para las estaciones existentes en la base de datos que consulta la aplicación.
- Reestructuración del módulo que calcula los períodos de persistencia de la lluvia en la aplicación.
- Actualización del Manual de Usuario.

## II. SUELOS Y NUTRICIÓN

**Efecto del magnesio en la producción y calidad del café.** Se busca evaluar el efecto de varias dosis de magnesio sobre la producción y calidad del café. Como tratamientos se establecieron 30 y 60kg de Mg/ha/año, aplicados con distintas frecuencias en tres cosecha y con referencia a un testigo absoluto (Tabla 1).

Para este período el experimento estuvo vigente en cinco localidades; de ellas se cuenta con información para la segunda cosecha en la Estación Central Naranjal y las Subestaciones El Rosario, El Tambo y Líbano; para la Subestación La Catalina se dispone de registros de producción para tres años. Los resultados obtenidos hasta el momento no muestran un efecto significativo de la aplicación de magnesio sobre la producción de cafetales en los sitios donde se desarrolla el experimento.

Contrario a lo anterior, en todas las subestaciones, a excepción de El Tambo, se registra una disminución significativa cuando no se realiza alguna práctica de fertilización. En la Figura 1, se pueden observar los rendimientos por parcela experimental que se obtuvieron en la última cosecha.

**Efecto de la fertilización con calcio en la producción y calidad del café.** Con esta investigación se busca determinar la dosis recomendable de calcio soluble desde el punto de vista de la producción y calidad del café. Los tratamientos consisten en un Testigo relativo con fertilización de N-P-K-Mg de acuerdo al análisis de suelos, pero sin aportes de calcio; tres dosis de calcio (48, 96 y 192kg de CaO/ha/año), aplicados en forma de Nitrabor (fuente soluble de calcio), y 192kg de CaO/ha/año suministrado en forma de caliza (Tabla 2).

*Tabla 1.*

Tratamientos para el estudio del efecto del magnesio en la producción y calidad del café.

Tratamientos	Dosis de Mg (kg/ha/año)		
	Año 1	Año 2	Año 3
1-Testigo absoluto	0	0	0
2	0	0	0
3	30	0	0
4	0	30	0
5	30	30	0
6	30	30	30
7	60	0	0
8	0	60	0
9	60	60	0
10	60	60	60

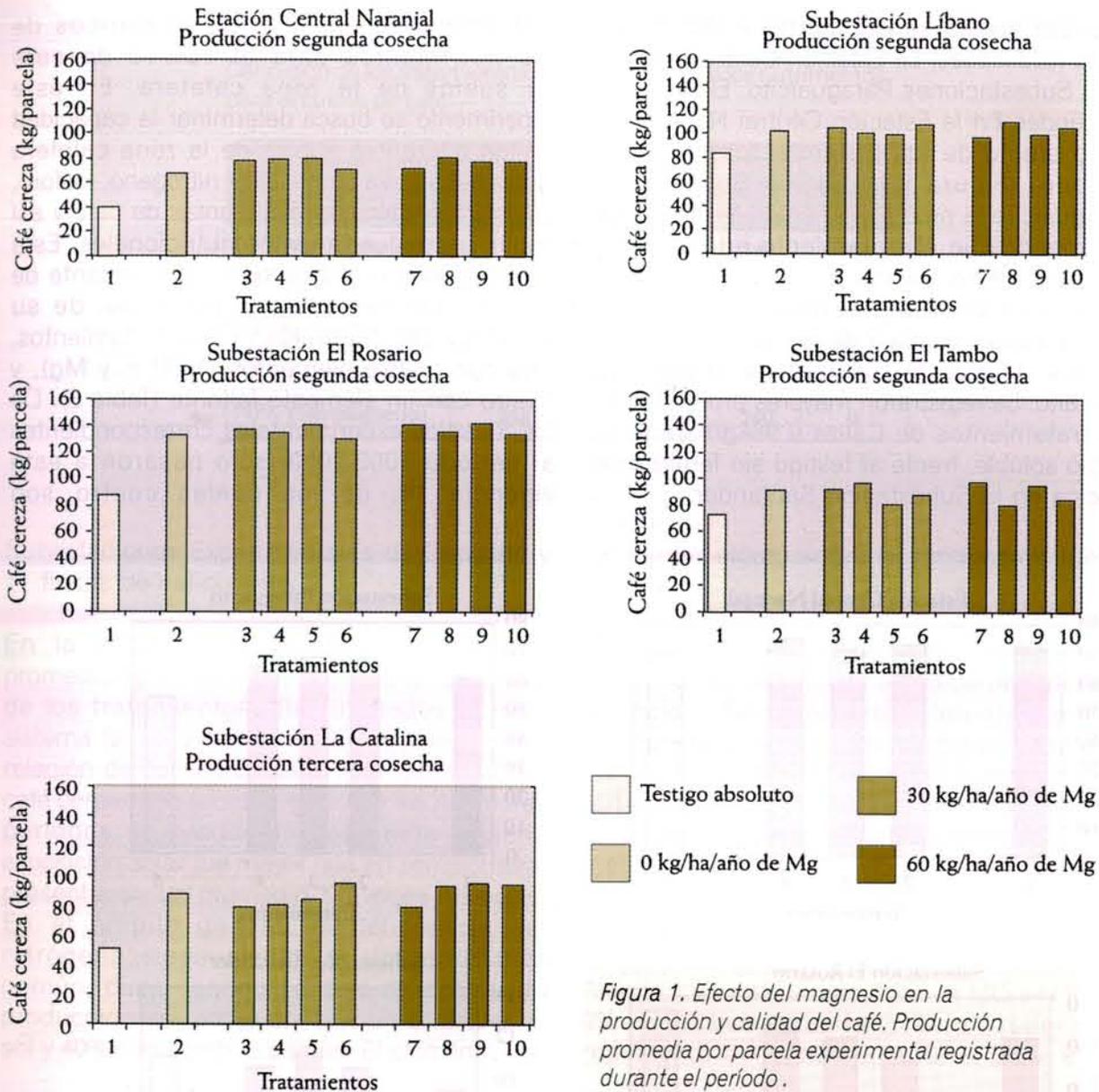


Figura 1. Efecto del magnesio en la producción y calidad del café. Producción promedio por parcela experimental registrada durante el período.

Tabla 2. Tratamientos para el estudio del efecto de la fertilización con calcio en la producción y calidad del café.

Tto	Fuente de Ca	Cantidad (kg/ha/año)		
		CaO	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	N-aportado
1	Testigo relativo	0	0	0
2	Nitrabor	48	180	27,9
3	Nitrabor	96	360	55,8
4	Nitrabor	192	720	111,6
5	Caliza	192	0	0

El experimento se encuentra instalado en cinco localidades: La Estación Central Naranjal y las Subestaciones Paraguaicito, El Rosario y Santander. En la Estación Central Naranjal no hubo efecto de los tratamientos para este período (Figura 2). En la Subestación Paraguaicito la producción obtenida con caliza fue menor que el tratamiento en el que se adicionan 96kg/ha/año de CaO en forma de Nitrabor. En El Rosario la producción obtenida con la dosis más baja de Nitrabor fue menor frente a la Caliza, la cual presentó el promedio más alto. Se registraron mayores promedios en los tratamientos de Caliza y 96kg/ha/año de calcio soluble, frente al testigo sin fertilización cálcica en la Subestación Santander.

**Determinación de los niveles críticos de los nutrimentos para el cultivo de café en suelos de la zona cafetera.** En este experimento se busca determinar la capacidad de los diferentes suelos de la zona cafetera colombiana para suministrar nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio a las plantas de café y así suplir sus requerimientos nutricionales. Esta capacidad es el indicador más importante de la fertilidad del suelo y, por ende, de su productividad. Se evalúan cinco tratamientos, uno con cuatro elementos (N, P, K y Mg), y cuatro con un elemento faltante (Tabla 3). De los 37 sitios experimentales correspondientes al período 2002-2003, solo pasaron a esta vigencia 16, de los cuales cuatro son

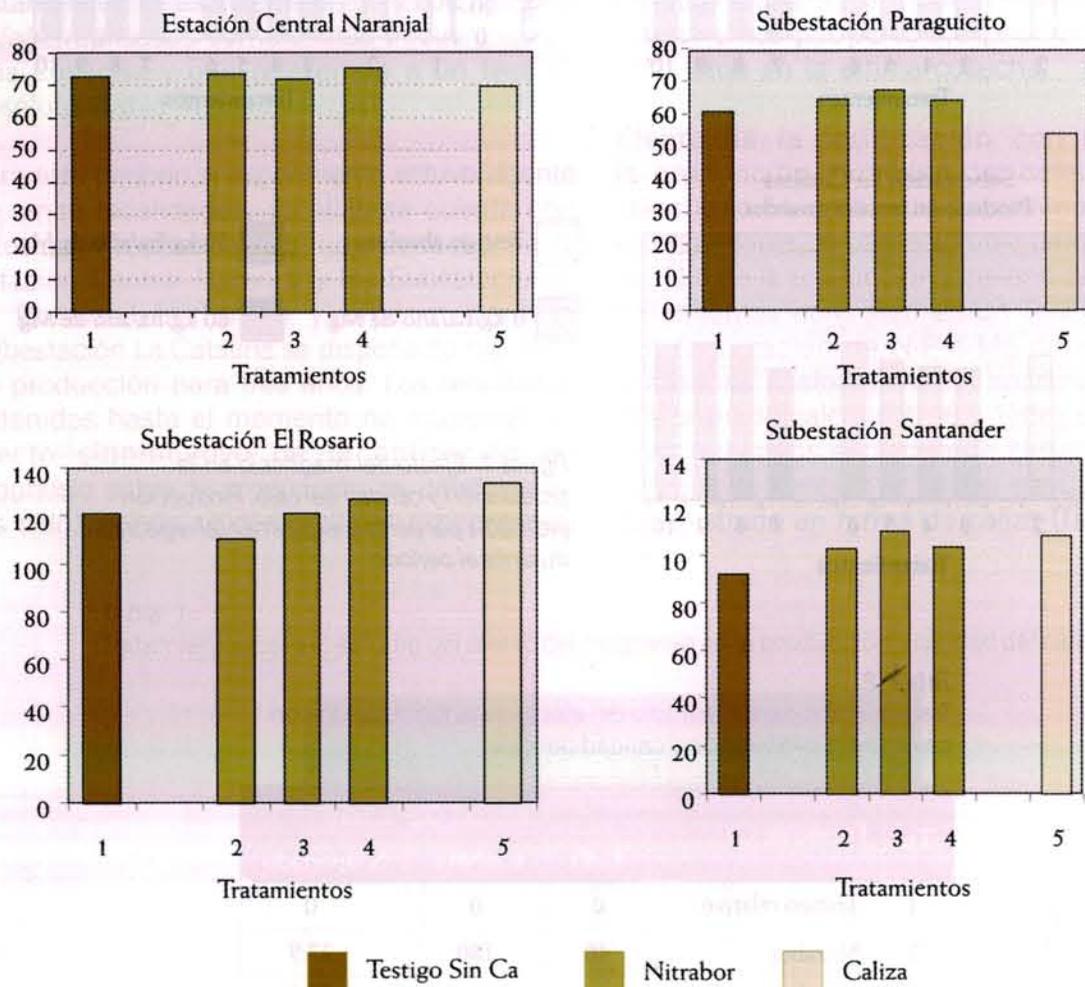


Figura 2. Efecto del calcio en la producción y calidad del café. Promedio de la producción para la cosecha del año 2003 en la Estación Central Naranjal y las Subestaciones Paraguaicito, El Rosario y Santander.

Tabla 3.

Definición de los tratamientos. Niveles críticos de los nutrientes para el cultivo de café

Tratamientos	Elemento faltante	Cantidad de nutriente (kg/ha/año)			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
NPKMg (Completo)	-	240	80	240	60
PKMg (Sin nitrógeno)	N	0	80	240	60
NKMg (Sin fósforo)	P	240	0	240	60
NPMg (Sin potasio)	K	240	80	0	60
NPK (Sin magnesio)	Mg	240	80	240	0

Subestaciones Experimentales de Cenicafé y 11 fincas de caficultores.

En la Figura 3 se pueden observar los promedios generales por hectárea en cada uno de los tratamientos, discriminados al nivel sistema (al sol y semisombra), asumiendo una relación de conversión de 5:1 de café cereza a café pergamino seco. Al igual que los anteriores períodos, la producción obtenida a plena exposición solar fue mayor que en semisombra, presentando un promedio 1,8 veces más alto. En el ámbito general la deficiencia del nitrógeno sigue siendo el limitante más común, pues cuando se dejó de aplicar, la producción se redujo en 49% en cafetales al sol y 40% con sombrío parcial. El elemento con

un menor efecto sobre la producción fue el magnesio.

Para el año 2003-04, se presentan los resultados obtenidos en dos fincas del departamento del Quindío: San Alberto (municipio de Buenavista) y Mónaco (municipio de Córdoba). Para ambos sitios se encontró respuesta a la fertilización nitrogenada en la cosecha del tercer año (Figura 4); en la finca Mónaco, donde fueron bajos los contenidos de N total y MO (0,2 y 4%, respectivamente), la producción sin N se disminuyó en 63% respecto al promedio de los otros tratamientos, mientras que en San Alberto, con suelos más ricos en MO y N (0,4 y 9%, respectivamente), esta reducción representó aproximadamente el 30%. En el

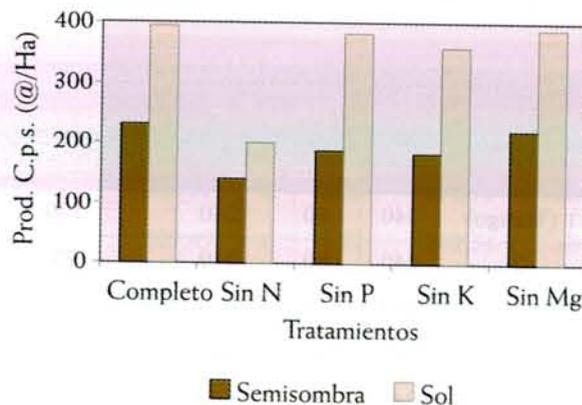


Figura 3. Promedios de producción por tratamiento y sistema de producción.



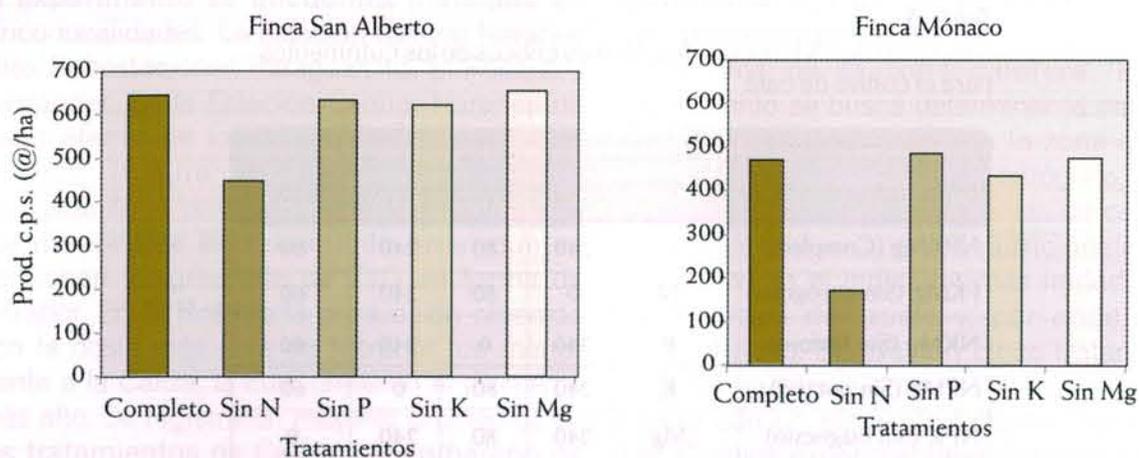


Figura 4. Determinación de los niveles críticos de los nutrimentos para el cultivo de café. Promedios de producción registrados en las fincas San Alberto y Mónaco en el departamento del Quindío.

acumulado de las tres cosechas se conservaron las anteriores tendencias. Se registraron diferencias entre PKMg y los demás tratamientos en San Alberto; mientras en Mónaco las diferencias fueron significativas solamente entre PKMg y NKMg.

En Mónaco, con suelos que se caracterizaron por presentar altos niveles de P, Mg y K (28ppm, 0,6cmol/kg y 1,2cmol/ka respectivamente), resulta lógico que no hubo respuesta a estos nutrientes. Sin embargo, en San Alberto, donde son bajos los contenidos de estos elementos (6ppm, 0,2cmol/kg y 0,4cmol/kg respectivamente), se esperarían efectos sobre la producción, especialmente para el potasio, cuyo requerimiento por el cultivo de café es similar al de nitrógeno.

**Comparación de varias fuentes fertilizantes en la producción y calidad del café.** En este estudio financiado por la empresa chilena SQM, se evalúa la factibilidad económica del nitrato de potasio para la producción de café en Colombia. Se evalúan seis tratamientos, un testigo relativo con 240kg/ha/año de N y de  $K_2O$ , y 80 kg/ha/año de  $P_2O_5$  en forma de urea, DAP y KCl (fertilizantes de uso común en la zona cafetera colombiana), y cinco combinaciones resultantes de diferentes proporciones de la mezcla de urea-DAP y KCl con Nitrato Sódico Potásico (NSP) y Ultramix (Tabla 4). El experimento se encuentra instalado en las fincas Calamar y La Siria ubicadas en los municipios de Chinchiná (Caldas) y Quimbaya (Quindío), respectivamente.

Tabla 4. Comparación de varias fuentes fertilizantes en la producción y calidad del café. Descripción de los tratamientos.

Tratamientos	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Urea - DAP - KCl de la mezcla	NSP (15 -0 -14)	Ultramix 18 -10 -18
	(kg/ha/año)			(% )		
1 (Testigo)	240	80	240	100	0	0
2	240	80	240	75	25	0
3	240	80	240	50	50	0
4	240	80	240	0	40	60
5	240	80	240	50	0	50
6*	180	60	180	0	40	60

\*75% de la dosis total de N,  $P_2O_5$  y  $K_2O$ , actualmente recomendada.

Para la cosecha correspondiente al año 2003 no se registró efecto de los tratamientos en ninguna de las dos localidades (Figura 5). En la Tabla 5, se observaron en la finca Calamar, para el acumulado de la producción (cosecha 2001 a 2003), diferencias entre el tratamiento 4 (Nitrato sódico potásico 40% + Ultramix 60%) y los tratamientos 3 (urea-DAP-KCl 50%

+ nitrato sódico potásico 50%) y 6 (nitrato sódico potásico 40% + Ultramix 60%); éste último correspondiente al 75% de la dosis empleada en el tratamiento 4. A pesar de lo anterior, ninguna de las mezclas con base en nitratos superó a la mezcla de urea-DAP-KCl en la dosis media recomendada (240-80-240kg/ha/año).

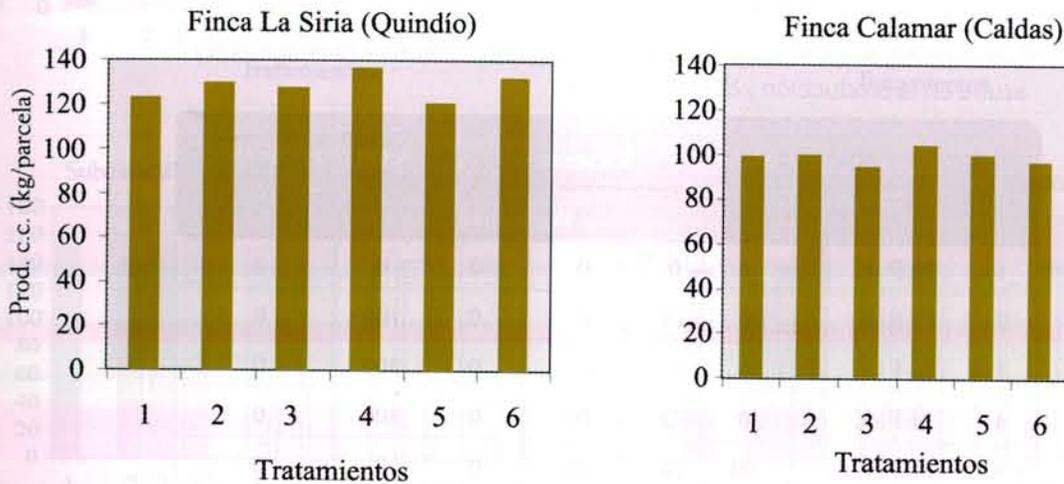


Figura 5. Comparación de varias fuentes fertilizantes en la producción y calidad del café. Promedios de producción registrados en la cosecha del año 2003 en las fincas de La Siria y Calamar.

Tabla 5. Producción promedia por parcela para la cosecha del año 2003 en las fincas Calamar y La Siria.

Tratamiento	Finca La Siria		Finca Calamar		
	c.c. (kg/parcela)	CV (%)	c.c. (kg/parcela)	CV (%)	
1 (Testigo)	300,98	a	275,79	ab	2,51
2	309,49	a	283,54	ab	6,06
3	297,71	a	262,93	b	6,11
4	297,01	a	294,08	a	7,66
5	298,82	a	281,99	ab	8,53
6	302,15	a	262,39	b	7,82

**Efecto de fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café.** El objetivo del trabajo se dirige a evaluar el efecto del magnesio y el azufre en la producción y calidad del café. Para su desarrollo se cuenta con el apoyo económico de las empresas Kali Und Salz y Monómeros Colombo-Venezolanos. Se evalúan 11 tratamientos, un

Testigo relativo sin magnesio (Tto 1); tres dosis de azufre, aplicados como Sulfato de amonio – SAM (Ttos 2, 3 y 4); tres dosis de magnesio suministrados como óxido (Tto 5, 6 y 7), tres dosis de magnesio en combinación con azufre en forma de Kieserita (Tto 8, 9 y 10) y el fertilizante 17-6-18-2 (Tto 11). En la Tabla 6 se presentan detalladamente los tratamientos.

**Tabla 6.**

Descripción de los tratamientos. Efecto de fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café

Tto	Fertilización Básica	MgO	S	Kieserita	Oxido de Mg	SAM	17-6-18-2
		(kg/ha/año)					
1	N-P-K	0	0	0	0	0	0
2	N-P-K	0	24	0	0	100	0
3	N-P-K	0	48	0	0	200	0
4	N-P-K	0	72	0	0	300	0
5	N-P-K	30	24	120	0	0	0
6	N-P-K	60	48	240	0	0	0
7	N-P-K	90	72	360	0	0	0
8	N-P-K	30	0	0	37	0	0
9	N-P-K	60	0	0	75	0	0
10	N-P-K	90	0	0	150	0	0
11	N-P-K-Mg	0	0	0	0	0	1400

El experimento se encuentra desde el año 2001 instalado en La Estación Central Naranjal y en las Subestaciones La Catalina y Santander.

En ninguna de las tres localidades se ha registrado hasta la fecha efecto de los tratamientos sobre la producción de café. Como se puede observar en la Figura 6 en la Subestación La Catalina se presentó cierta tendencia al incremento de la producción al suministrar las dosis más altas de SAM; así mismo en Santander los mayores promedios fueron registrados cuando se aplicaron la dosis media de óxido de magnesio y la dosis alta de Kieserita, sin que existieran efectos estadísticos.

**Efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad del café.** Con esta investigación se quiere determinar el efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad de café. Para ello se vienen aplicando como tratamientos, Tabla 7, cuatro dosis de potasio (0, 100, 200 y 400 kg de  $K_2O$ /ha/año), y dos fuentes (cloruro con 60% de  $K_2O$  y sulfato con 50% de  $K_2O$ ), en las fincas Calamar y La Siria, ubicadas en los municipios de Chinchina (departamento de Caldas) y Quimbaya (departamento de Quindío), respectivamente. En la actualidad se cuenta con la información de tres ciclos productivos (2001 a 2003), quedando pendiente uno (2004). El trabajo es financiado por la empresa Kali Und Salz-Sopib.

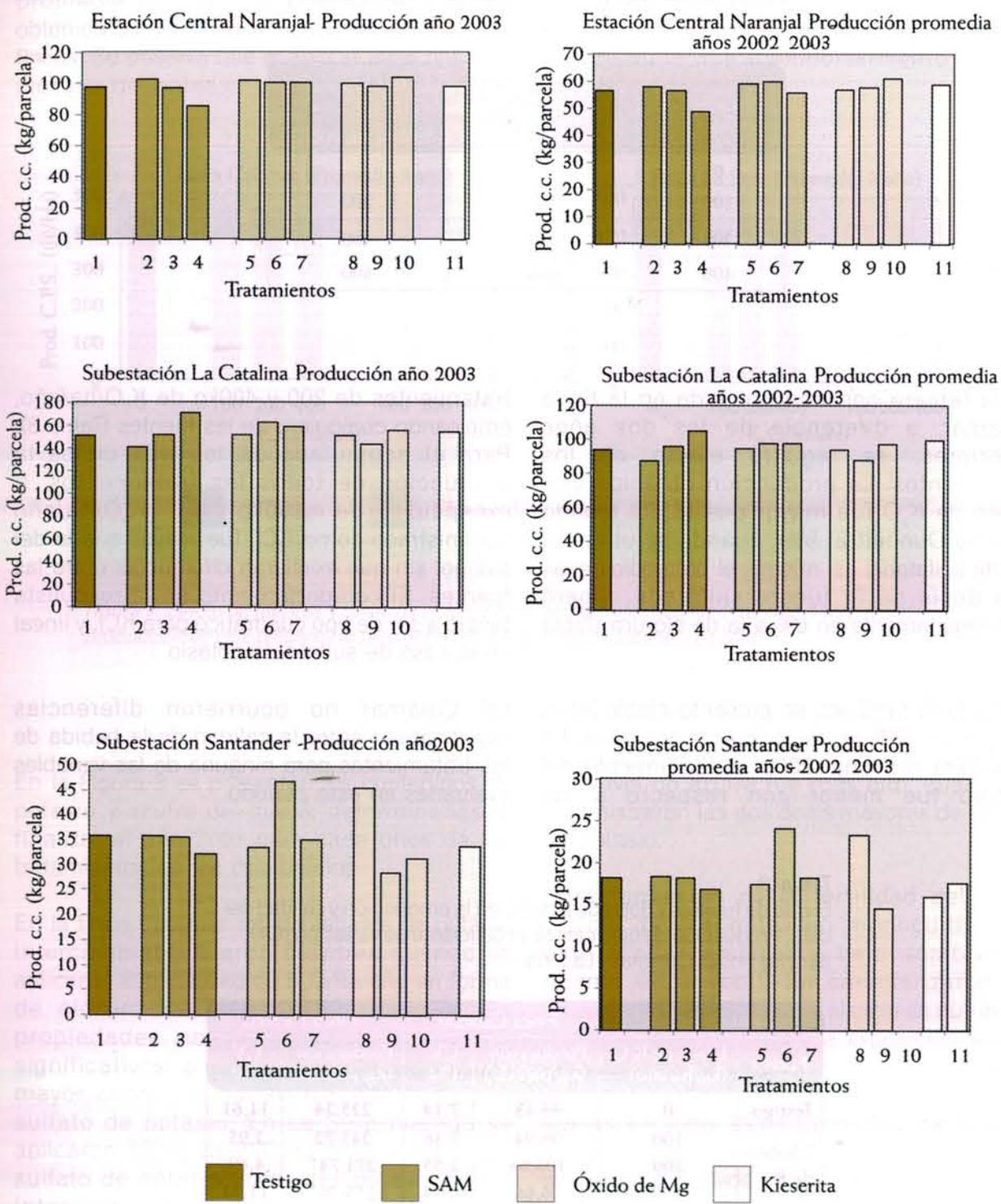


Figura 6. Promedios de producción para la cosecha del año 2003 y acumulado en las tres localidades.

**Tabla 7.**  
Efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad del café. Descripción de los tratamientos.

Dosis de K O (kg/ha/año)	Cantidad de fertilizante comercial (kg/ha/año)	
	Cloruro de potasio	Sulfato de potasio
0	-	-
100	166	200
200	333	400
400	666	800

En la tercera cosecha obtenida en la finca Calamar, a diferencia de los dos años anteriores, se registró efecto de los tratamientos. La producción obtenida con 400kg de K<sub>2</sub>O fue mayor que la del testigo (prueba Dunnett al 5%), cuando se utilizó la fuente sulfatada; así mismo, el promedio de las tres dosis de la fuente sulfatada superó aproximadamente en 6% a la de cloruro (Tabla 8).

En La Siria tampoco se presentó efecto de la aplicación de K en los primeros dos años. En la tercera cosecha (2003) el rendimiento del testigo fue menor con respecto a los

tratamientos de 200 y 400kg de K<sub>2</sub>O/ha/año, empleando cualquiera de las fuentes (Tabla 8). Para el acumulado de los tres ciclos la producción de todos los tratamientos, a excepción de 100kg de K<sub>2</sub>O/ha/año suministrado como KCl, fue mayor que la del testigo, sin que existieran diferencias entre las fuentes. El comportamiento de la respuesta tendió a ser de tipo cuadrático para KCl, y lineal en el caso de sulfato de potasio.

En Calamar no ocurrieron diferencias significativas entre la calidad de la bebida de los tratamientos para ninguna de las variables evaluadas en este período.

**Tabla 8.**  
Efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad del café. Producción de café cereza y coeficiente de variación (CV) para las fincas Calamar y La Siria.

Tratamientos		Finca Calamar		Finca La Siria	
Fuente	Dosis de K O (kg/ha/año)	Producción (kg/parcela)	CV (%)	Producción (kg/parcela)	CV (%)
Testigo	0	95,48	7,14	225,24	11,61
Cloruro de K	100	96,94	7,36	245,72	2,95
	200	103,68	2,55	271,74*	4,69
	400	96,66	5,44	259,76*	11,21
	Promedio	99,09		259,07	
Sulfato de K	100	105,25	4,80	254,59*	3,77
	200	103,14	9,02	255,03*	8,99
	400	109,32*	5,14	265,00*	5,75
	Promedio	105,90		258,21	

\* Prueba Dunnett. Indica diferencias significativas al 5% frente al Testigo.

En la Figura 7 se presentan la producción promedio de café p ergamino seco (cps), obtenida durante las tres cosechas para ambas fincas. Se observa que al aplicar altas dosis de cloruro de potasio la producción mostró

tendencia a disminuir en ambas fincas (comportamiento de tipo cuadrático), comportamiento que no ocurrió al utilizar la fuente sulfatada (comportamiento de tipo lineal).

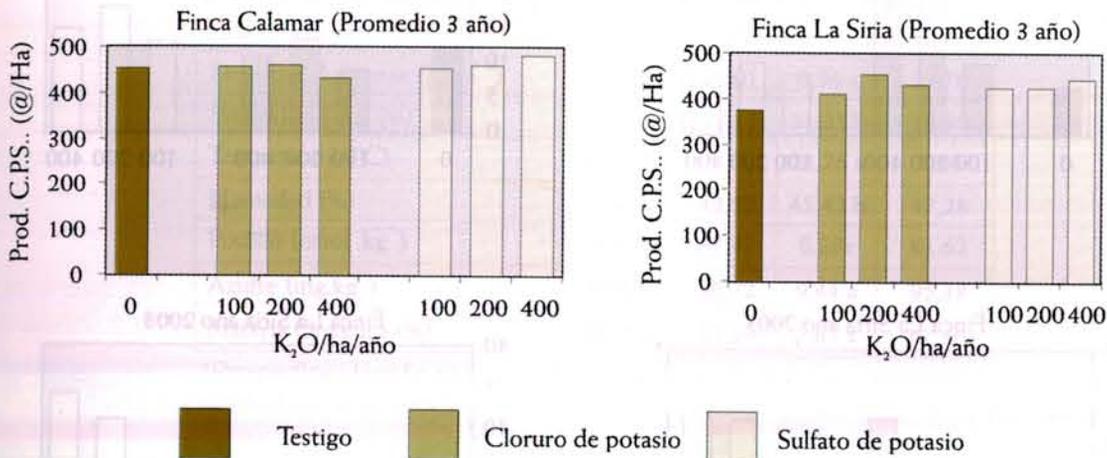


Figura 7. Efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad del café. Promedio de producción de café p ergamino seco obtenida en las fincas Calamar y La Siria.

En la Figura 8 se presentan los contenidos de potasio y azufre del suelo, determinados al finalizar el año 2003 para cada uno de los tratamientos en los dos predios.

En la finca Calamar los contenidos de potasio intercambiable fueron mayores cuando se aplicaron 200 y 400kg de K<sub>2</sub>O/ha/año en forma de cloruro de potasio. Para las demás propiedades no se registraron cambios significativos; sin embargo, se observó un mayor contenido de azufre al suministrar sulfato de potasio. En La Siria cuando se aplicaron 200kg de K<sub>2</sub>O/ha/año en forma de sulfato de potasio, el contenido de potasio intercambiable fue más alto que en los tratamientos con la dosis media de la fuente KCl y la más alta de sulfato (Figura 8). El contenido de potasio mostró incrementos de manera significativa, conforme aumentó la cantidad aplicada, independiente de la fuente,

y el nivel de azufre fue más alto, cuando se suministraron las dos dosis mayores de sulfato de potasio.

**Caracterización de la fertilidad del suelo y ciclo de nutrientes en monocultivos de café (*Coffea arabica*) y bajo sombrío de guamo (*Inga spp.*).** Se caracterizaron las propiedades de los suelos y el ciclo de nutrientes en cultivos de café a plena exposición solar y bajo sombrío de guamo. Para tal propósito se seleccionaron ocho unidades cartográficas de suelos en siete departamentos de la zona cafetera colombiana, en cada una de las cuales se ubicaron cultivos cercanos correspondientes a los sistemas objeto de estudio; en cada uno se evaluaron 18 propiedades químicas y 15 físicas en seis profundidades entre 0 y 40cm. El ciclo de nutrientes por su parte se estudió a lo largo de un año, en dos de las localidades seleccionadas.

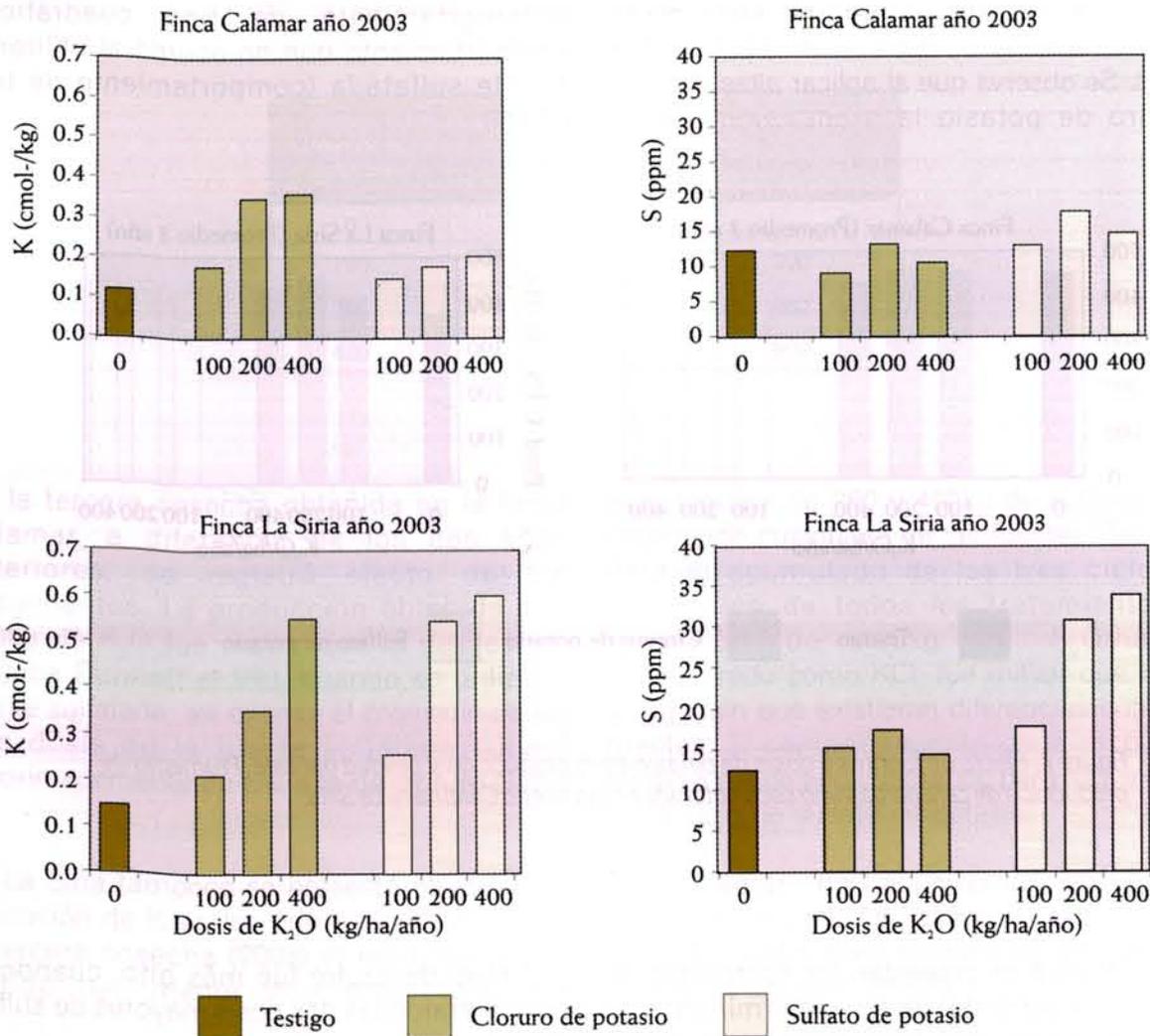


Figura 8. Efecto de los tratamientos sobre el contenidos de potasio y azufre en el suelo en las fincas Calamar y La Siria.

La comparación general entre agroecosistemas mediante la prueba de diferencia mínima significativa al 5%, cuyo promedio es el resultado de la evaluación en las seis profundidades y ocho unidades de suelo, presentó diferencias fundamentalmente para el grupo de las propiedades físicas. En el caso de las

características químicas las diferencias encontradas fueron menores y estuvieron más relacionadas con el efecto del tipo de manejo (fertilizaciones); la materia orgánica a pesar de no mostrar diferencia, presentó incrementos en suelos bajo sombra e incidió en el comportamiento de otras propiedades (Tabla 9).

Tabla 9.

Comparación general entre agroecosistemas para propiedades con diferencia.

Característica	Agroecosistema			
	Sombra		Sol	
	Media	CV (%)	Media	CV (%)
Resistencia penetración (kg.cm <sup>-1</sup> )	1,69 b*	54,37	2,56 a	39,72
Densidad Aparente (g.cm <sup>-1</sup> )	0,83 b	30,01	0,96 a	27,70
Porosidad Total (%)	66,03 a	12,13	61,35 b	13,35
Temperatura (°C)	20,65 b	6,15	21,26 a	5,46
Humedad (%)	55,46 a	42,52	45,42 b	47,28
Potasio (cmol.kg <sup>-1</sup> )	0,26 b	87,42	0,38a	81,62
Azufre (mg.kg <sup>-1</sup> )	5,99 b	80,72	9,44 a	95,38
Materia Orgánica (%)	10,61 a	55,19	9,61 a	67,46

\*Promedios identificados con letras no comunes, indican diferencia estadística, según prueba de DMS al 5%.

El comportamiento a través de la profundidad varió dependiendo de la característica, pero en forma general las diferencias se observaron con mayor claridad en los primeros 10cm. Las propiedades de mayor peso en la variación total fueron aquellas relacionadas o determinadas por el contenido de materia orgánica. Se concluyó que el establecimiento de sombrío con *Inga* spp contribuyó en la conservación y el mejoramiento de algunas de las características del suelo.

El estudio del ciclo de nutrientes mostró que la hojarasca acumulada sobre el suelo al inicio

de la investigación en los dos sitios de estudio fue el doble en cafetales con guamo; a la vez que el ingreso de residuos orgánicos en este mismo sistema fue 2,5 veces mayor que en cultivos a libre exposición solar. Se observó una mayor incorporación total de nutrientes en cafetales con sombrío, a pesar que las concentraciones foliares fueron mayores o similares en el material de cafetales al sol.

La tasa de descomposición anual de todos los materiales foliares en cada localidad, fue comparada mediante la prueba de Duncan al 5% (Tablas 10 y 11). En ambos sitios los residuos

Tabla 10.

Comparación tasas de descomposición en Chinchiná (Caldas).

Materia Foliar	K (año <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	P
Guamo	0,85 b*	0,89 - 0,95	<0,01
Café bajo sombrío	1,44 a	0,73 - 0,91	<0,01
Café libre exposición	1,70 a	0,70 - 0,88	<0,01

\*Promedios identificados con letras no comunes, indican diferencia estadística, según prueba de Duncan al 5%.



Tabla 11.

Comparación tasas de descomposición en Albán (Valle).

Material Foliar	K (año <sup>-1</sup> )	R <sup>2</sup>	P
Guamo	0,58 b	0,90 -0,91	<0,01
Café bajo sombrío	1,51 a	0,87 -0,94	<0,01
Café libre exposición	1,39 a	0,82 -0,95	<0,01

\*Promedios identificados con letras no comunes, indican diferencia estadística, según prueba de Duncan al 5%.

de *Inga* tuvieron las menores tasas de descomposición, siendo diferentes a los valores de café. Las tasas de este último material por su parte fueron las más altas, y sus promedios fueron iguales bajo sombra y a plena exposición solar.

En Chinchiná, los porcentajes de mineralización culminado el año de evaluación fueron superiores; transcurridos 90 días cerca del 50% de los residuos de café se habían mineralizado en ambos tipos de cafetal y para el guamo, este valor se obtuvo alrededor del día 225. En Albán, el proceso en residuos de café mostró un retraso de 45 días respecto de la otra localidad, una vez que el 50% de biomasa mineralizada se halló en el día 135. Para guamo la diferencia fue más evidente ya que este porcentaje se alcanzó 135 días después que en Chinchiná (día 360). Los valores anteriores pueden estar relacionados

con la actividad microbiana del suelo que presentó comportamiento diferente a través del tiempo entre localidades, siendo mayor en Chinchiná para las primeras seis lecturas y con mayores valores para café a libre exposición solar en el 50% de las evaluaciones (Figura 9).

**Efecto del fertilizante CEN sobre la producción de café.** El desarrollo de este experimento, financiado por la empresa SAHCO Comercializadora, apuntó a determinar el efecto del Fertilizante Biomolecular CEN sobre la producción de café. Se evaluaron los siguientes cinco tratamientos:

Tratamiento 1: Testigo absoluto (sin fertilización edáfica ni foliar).

Tratamiento 2: Fertilización edáfica convencional con base en el análisis de suelo (dos aplicaciones al año).

Tratamiento 3: Aplicación foliar del fertilizante

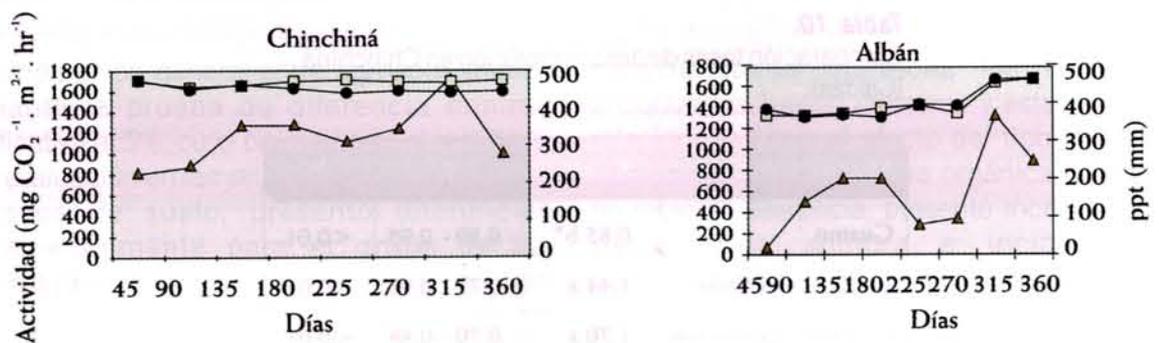


Figura 9. Actividad microbiana y precipitación en Chinchiná y Albán durante el año de evaluación

Biomolecular CEN en dosis de 280ml/ha-año, distribuidos en cuatro oportunidades.

Tratamiento 4: Aplicación edáfica del fertilizante Biomolecular CEN en dosis de 140ml/ha-año, distribuidos en dos oportunidades, y Aplicación foliar del fertilizante Biomolecular CEN en dosis de 140ml/ha-año, distribuidos en dos oportunidades.

Tratamiento 5: Aplicación foliar del fertilizante Biomolecular CEN en dosis de 140ml/ha-año, distribuidos en dos oportunidades, y Fertilización edáfica convencional con base en el análisis de suelo (dos aplicaciones al año).

En el experimento se evaluaron las cosechas de los años 2002 y 2003, llegando a su final en enero de 2004 con la entrega del informe final. La parte de campo se desarrolló en las fincas Socorro (Chinchiná, Caldas), El Amparo (Fredonia, Antioquia) y San Alberto (Buena Vista, Quindío).

En la Tabla 12, se consignan las producciones obtenidas por parcela experimental en los años 2002 y 2003, así como el acumulado de éstas (Total). No se registraron diferencias significativas entre los tratamientos en ninguna de las tres localidades en los dos años de evaluación. En la finca El Socorro la

producción acumulada del tratamiento 2 (Fertilización edáfica) presentó una mayor producción que el tratamiento 3 (cuatro aplicaciones foliares de CEN).

Descriptivamente se observó una tendencia muy similar en la respuesta a los tratamientos aplicados en las tres localidades; en todas, las mayores producciones se obtuvieron al aplicar la fertilización edáfica convencional (tratamiento 2). Las menores producciones se registraron en los tratamientos con cuatro aplicaciones foliares de CEN (tratamiento 3) y, dos aplicaciones foliares de CEN + dos aplicaciones edáficas de CEN (tratamiento 4). Adicionalmente, los registros de producción del año 2003 y el total acumulado de cada localidad muestran que el tratamiento testigo, sin ninguna aplicación de fertilizante, superó a los tratamientos 3, 4 y 5 (fertilizaciones con CEN). Esto indica que la aplicación del fertilizante biomolecular CEN en el cultivo de café puede ejercer un efecto depresivo sobre la producción.

El análisis económico no indicó ventajas comparativas para que se utilice el Fertilizante Biomolecular CEN como reemplazo de la fertilización edáfica convencional en el cultivo de café; tampoco como complemento de ésta.

**Tabla 12.**

Efecto del fertilizante CEN sobre la producción de café. Promedio de la producción de café cereza expresada en gramos por parcela experimental.

Tratamientos	Finca El Amparo (Antioquia)		Finca El Socorro (Caldas)		Finca San Alberto (Quindío)	
	Año 2003	Total	Año 2003	Total	Año 2003	Total
1	50,326	66,910	88,875	111,250	66,604	121,104
2	52,856	65,397	90,887	112,487	70,644	129,356
3	40,698	52,433	77,638	94,737	55,694	115,256
4	38,162	53,664	77,788	100,600	62,215	116,765
5	43,516	54,443	85,725	105,725	69,778	120,753
Promedio general	45,113	58,569	84,182	104,960	64,987	120,647
CV (%)	22,36	17,81	7,93	7,14	14,33	12,43

**Efecto de cuatro fertilizantes foliares sobre la producción del café.** El experimento busca evaluar el efecto de la fertilización foliar (F.F.) como complemento de la fertilización edáfica (F.E.), sobre la productividad y rentabilidad del cultivo del cafeto. Se lleva a cabo en Ciudad Bolívar (Antioquia) en la finca de un agricultor.

Los tratamientos corresponden a F.E. más  $\text{KNO}_3$ , F.E. más Foliyá, F.E. más Folicírculo,

F.E. más Cosmocel 18-28-8, sólo F.E. y sólo F.F. con Cosmocel 18-28-8. En un año calendario se hacen cuatro aplicaciones de fertilizante foliar y dos de fertilizante edáfico.

Los resultados hasta el momento indican que no hubo efecto significativo de los tratamientos sobre la producción media acumulada de café cereza/parcela (Tabla 13).

**Tabla 13.**

Producción media de café cereza acumulada de septiembre 2003 a septiembre de 2004.

Tratamiento	Café cereza (kg/parcela de 20 árboles)*
Fertilización edáfica más Folicírculo	58,8 a
Fertilización edáfica más $\text{KNO}_3$	56,8 a
Sólo fertilización edáfica	56,1 a
Fertilización edáfica más Cosmocel 18-28-8	56,0 a
Fertilización edáfica más Foliyá	51,0 a
Sólo fertilización foliar con Cosmocel 18-28-8	47,3 a

\* Promedios con letra igual no presentan diferencias significativas, según Tukey al 5%.

**Estudio de la densidad aparente en suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con el crecimiento del café.** La densidad aparente (DA) es una de las características físicas que más afecta la productividad de los cultivos, debido a su influencia directa sobre las condiciones de humedad y aireación, las cuales determinan el crecimiento de raíces a través de los espacios porosos del suelo. La DA depende del material parental que da origen al suelo y a su vez, es afectada por algunas propiedades como resistencia a la penetración, estructura, materia orgánica, textura y en algunos suelos por su uso o manejo. Adicionalmente influye sobre los espacios porosos, la retención de humedad, la permeabilidad de agua y aire, el

grado de penetración radical, el régimen térmico y la actividad microbiana.

En una primera fase del presente estudio, se midió el comportamiento de esta propiedad y su relación con otras características físicas a través del perfil, en ocho unidades de suelos de la zona cafetera colombiana y cuatro sistemas de uso y manejo. Los cambios de la DA en el área donde crecen las raíces (0-40 cm) para los suelos evaluados, estuvieron asociados con el material de origen y con otras propiedades como textura, humedad de campo, porosidad total, resistencia a la penetración y materia orgánica, principalmente. Incluso entre suelos derivados de un mismo material parental, la DA fue diferente a través del perfil (Figura 10).

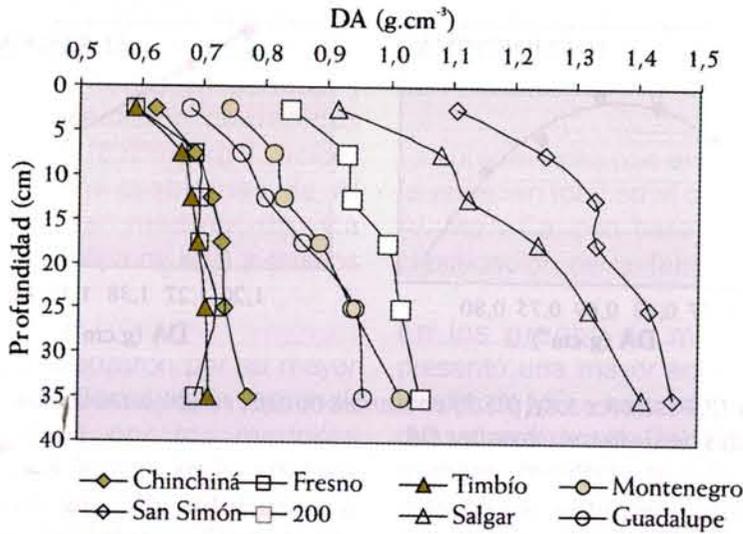
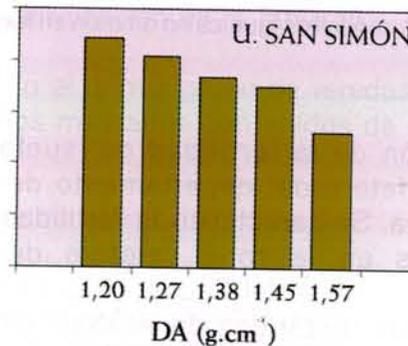
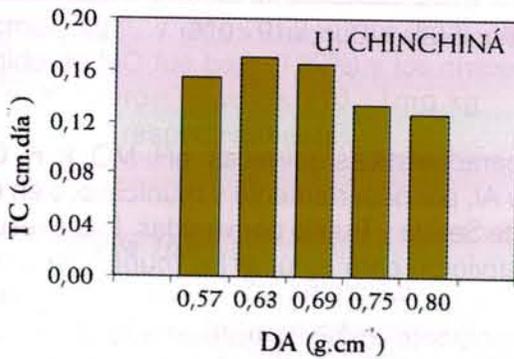


Figura 10. Comportamiento promedio de la DA a través del perfil en 8 unidades de suelo.

Con relación al uso y manejo del suelo, no se encontró una relación clara entre este y la DA para todas las unidades evaluadas. Solo en algunas de ellas se evidenciaron efectos reportados en la literatura, como la compactación producida por el pisoteo del ganado o bajas densidades en suelos con poca intervención antrópica.

Durante la segunda fase se estudió el efecto de la DA sobre el crecimiento del café, hasta siete meses de edad, empleando suelos de las unidades Chinchiná y San Simón, contrastantes en su DA. El efecto de esta propiedad sobre el crecimiento (Figura 11) y

la biomasa obtenida (Figura 12), fue diferente para los dos suelos. En la unidad Chinchiná, los mayores crecimientos y pesos secos se obtuvieron para valores medios de DA (0,63 y 0,69g.cm<sup>-3</sup>) y se afectaron negativamente con la compactación (DA=0,80g.cm<sup>-3</sup>) y el suelo muy suelto (0,57g.cm<sup>-3</sup>). En la unidad San Simón se encontró una relación inversa entre la DA y las anteriores variables. En las dos unidades de suelo, la absorción de algunos elementos como Ca, Fe, Mn, Cu y B, (Tabla 14), estuvo en función de su riqueza mineral, pH y materia orgánica, además de la porosidad y las condiciones de humedad.



P.S.T. = -291,1 + 956,1DA - 714,8 DA<sup>2</sup> R<sup>2</sup> = 0,979

P.S.T. = 115,14 - 63,75DA R<sup>2</sup> = 0,994

Figura 11. Tasa de crecimiento diaria (TC) en plantas de café, establecidas en dos unidades de suelo con diferentes DA.

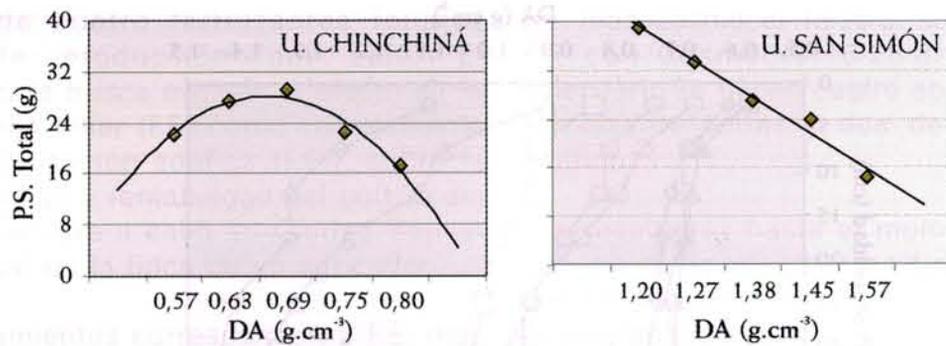


Figura 12. Peso seco total (P.S.T.) en plantas de café, establecidas en dos unidades de suelo con diferentes DA.

Tabla 14.

Contenido foliar de elementos en plantas de café, establecidas en dos unidades de suelo con diferentes DA.

Unidad de suelo	DA (g.cm <sup>-3</sup> )	N		P		Ca		Mg		Fe		Mn		Zn		Cu		B	
		(%)		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)		(ppm)			
Chinchiná	0,57	3,23	0,14	0,83b	0,38b	91,38	277,75	11,25	13,00 a	29,13									
	0,63	3,41	0,14	0,79b	0,35b	98,38	261,75	10,63	12,63 a	31,13									
	0,69	3,40	0,13	0,77b	0,34b	101,63	283,38	10,00	11,38ab	29,50									
	0,75	3,62	0,14	1,18a	0,65a	89,00	288,57	11,29	11,71ab	30,14									
	0,80	3,54	0,13	0,63b	0,32b	107,755	324,88	11,00	9,00 b	28,00									
San Simón	1,20	3,64	0,22 ab*	1,67	0,46	146,88	221,13b	12,63	7,88 a	15,00b									
	1,28	3,68	0,22 ab	1,69	0,46	157,38	203,63b	12,75	7,25 ab	13,00b									
	1,38	3,72	0,19 b	1,58	0,46	189,63	186,75b	12,88	6,63 b	13,00b									
	1,45	3,79	0,19 b	1,63	0,48	165,13	202,75b	13,25	4,88 c	19,50a									
	1,57	3,98	0,24 a	1,49	0,46	188,75	313,88a	12,50	4,38 c	19,13a									

\*Promedios con letras iguales no difieren en forma significativa (Duncan P<0,05)

**Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del departamento del valle del Cauca.** Se caracterizó la fertilidad de los suelos en la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca, utilizando 24.834 registros históricos de análisis de suelos, pertenecientes a 39 municipios, y en forma detallada en Sevilla y Trujillo. Se estimaron los promedios para las siguientes

características químicas: pH, MO, P, K, Ca, Mg y Al, por departamento y municipio, y en el caso de Sevilla y Trujillo por veredas. Estos resultados sirvieron para agrupar los municipios y veredas por las propiedades antes mencionadas, y mediante análisis multivariado, de acuerdo a las características de mayor peso en la variación total. Los grupos obtenidos fueron diferenciados por la prueba de Duncan al 5%.

Caracterización a Nivel Departamental. Con relación a los requerimientos del cultivo de café, los suelos del departamento en general y descriptivamente, presentaron contenidos bajos de MO (8,0%) y P (8,83mg.kg<sup>-1</sup>), acidez adecuada (pH=5,4), sin problemas de Al (0,34cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>), altos niveles de Ca (7,64cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>), y Mg (2,66cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>) y medios de K (0,40cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>).

Cali y Jamundí se caracterizaron por su mayor acidez (pH <5,0 y Al >1,0cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>); Jamundí, Alcalá, Darién y Ulloa por los menores contenidos de Ca (<3,5cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>); los tres últimos por niveles de Mg inferiores a 1cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>; La Unión, La Victoria y Obando por los menores porcentajes de MO (<5,0%); Vijes

y Yumbo por bajos contenidos de P (<4,0mg.kg<sup>-1</sup>), y El Cairo por el mayor nivel de K (>0,6cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>).

Las propiedades que en mayor grado explicaron la variación total en el departamento fueron pH, Al, Mg y Ca; con base en ellas se presenta la clasificación de la Tabla 15.

En los grupos de municipios, el primero presentó una mayor acidez (<pH y >Al), altos niveles de MO, y bajos de Ca, Mg, P y K; el grupo dos valores de pH, Ca, Mg, P y K superiores al primero, mientras que la MO y Al fueron los más bajos; el tercero presentó los más altos promedios para pH, P, Ca y Mg.

Tabla 15.

Identificación de los grupos de municipios, según análisis multivariado.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Alcalá, Ansermanuevo Caicedonia, Cali, Darién, El Águila, Guacarí, Jamundí, La Cumbre, Riófrío, Sevilla, Trujillo, Ulloa, Yotoco	Andalucía, Argelia, Bolívar, Buga, Bugalagrande Cartago, Dagua, El Cairo, El Dovio, Ginebra, La Victoria, Obando, Restrepo Roldanillo, San Pedro, Toro, Tuluá, Versalles, Vijes, Yumbo	El Cerrito, Florida, La Unión, Palmira, Pradera

Caracterización a Nivel Municipal- Sevilla. El promedio para pH fue de 5,27, con Al (0,42cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>), y altos promedios para Ca (6,89cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>) y Mg (3,07cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>). El contenido de MO fue bajo (7,32%) y los niveles de P y K fueron medios (10,11mg.kg<sup>-1</sup> y 0,44cmol<sub>c</sub>.kg<sup>-1</sup>, respectivamente).

El pH, Al, Mg y Ca explicaron en mayor grado la variación total en este municipio y con base en estas características se presenta la clasificación de la Tabla 16.

En el primer grupo de veredas se presentaron los más altos contenidos de P y Ca, y bajos

Tabla 16.

Identificación de los grupos de veredas en Sevilla, según análisis multivariado.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Canoas, La Cuchilla	El Congal, La María, San Antonio	Cebollal, Coloradas, Cubarco, El Venado, Manzanillo, San Marcos, Totoro	El Manzano, La Melva, Morro Azul, Palomino, Pijao

niveles de Al. Para el segundo, el pH y los contenidos de MO, P y K fueron menores a los demás grupos. El tercero mostró el mayor nivel de pH y K, y el cuarto grupo exhibió valores inferiores para Ca y Mg, y mayores contenidos de Al.

**Caracterización a Nivel Municipal – Trujillo.** El nivel de pH en Trujillo fue de 5,27, con un contenido de Al de  $0,41\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ ; y Ca y Mg con promedios de  $6,45\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$  y  $2,09\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ . El porcentaje de MO fue de 9,89%, el cual puede considerarse como medio; los promedios de P ( $4,43\text{mg}.\text{kg}^{-1}$ ) y K ( $0,30\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ ), fueron bajos.

Las veredas se agruparon teniendo en cuenta las características que más explicaron la variación total en Trujillo (pH, Al, Mg y Ca) (Tabla 17).

El primer grupo de veredas, presentó contenidos medios para las características químicas en comparación a los demás grupos; el segundo mostró el menor nivel de pH, mayores contenidos de MO, K y Al y los más bajos de P, Ca y Mg. Para el tercero se observó el mayor valor de K y para el cuarto grupo se presentaron promedios superiores de pH, P, Ca y Mg, con los menores contenidos de MO y Al.

Tabla 17.

Identificación de las veredas de Trujillo, según análisis multivariado.

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
El Chocho, El Oso, El Tabor, La Bohemia, Melania, Venecia	Arauca, La Debora	Altomira, Cedrales, La Cristalina, La Luisa, La Marina, Los Cristales, Tres Eldas	Cerro Azul, La Diamantina

Se continúa trabajando en la caracterización de la fertilidad del suelo en los demás niveles de detalle planteados (Veredal y Lote) y en la culminación del informe final con los resultados del estudio que está proyectado para comienzos del próximo año.

**Fertilización de café con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento productivo en los distintos suelos de la zona cafetera.** Esta investigación busca determinar el efecto de las diferentes dosis de nitrógeno y potasio en la producción de café y

su relación con el nitrógeno disponible. Actualmente se encuentra vigente en la Estación Central Naranjal y las Subestaciones de Líbano, El Rosario, Paraguaicito, Santander, Pueblo Bello, El Tambo y La Catalina.

Los tratamientos consisten en nueve combinaciones de tres dosis de nitrógeno y de potasio (Tabla 18).

En cuanto al nitrógeno, se registraron efectos de este nutriente en todas las localidades, a excepción de la Subestación Pueblo Bello,

Tabla 18.

Definición de los tratamientos.

Dosis de Nitrógeno (kg/ha/año)	Dosis de K O (kg/Ha/año)		
0	0	0	0
150	150	150	150
300	300	300	300

fenómeno que fue atribuido al efecto del sombrío parcial en este sitio. Las tendencias en su mayoría se ajustaron al modelo de tipo lineal, aunque con tendencias decrecientes. Se registraron efecto de la fertilización potásica en la Estación Central Naranjal y en las Subestaciones de Santander y Líbano, siendo

su tendencia cuadrática para la primera localidad y lineal para las dos últimas. No se presentó interacción nitrógeno x potasio en ninguna de las localidades. En la Figura 13, se pueden observar los registros de producción obtenidos para los dos elementos objetos de estudio en cada una de las localidades.

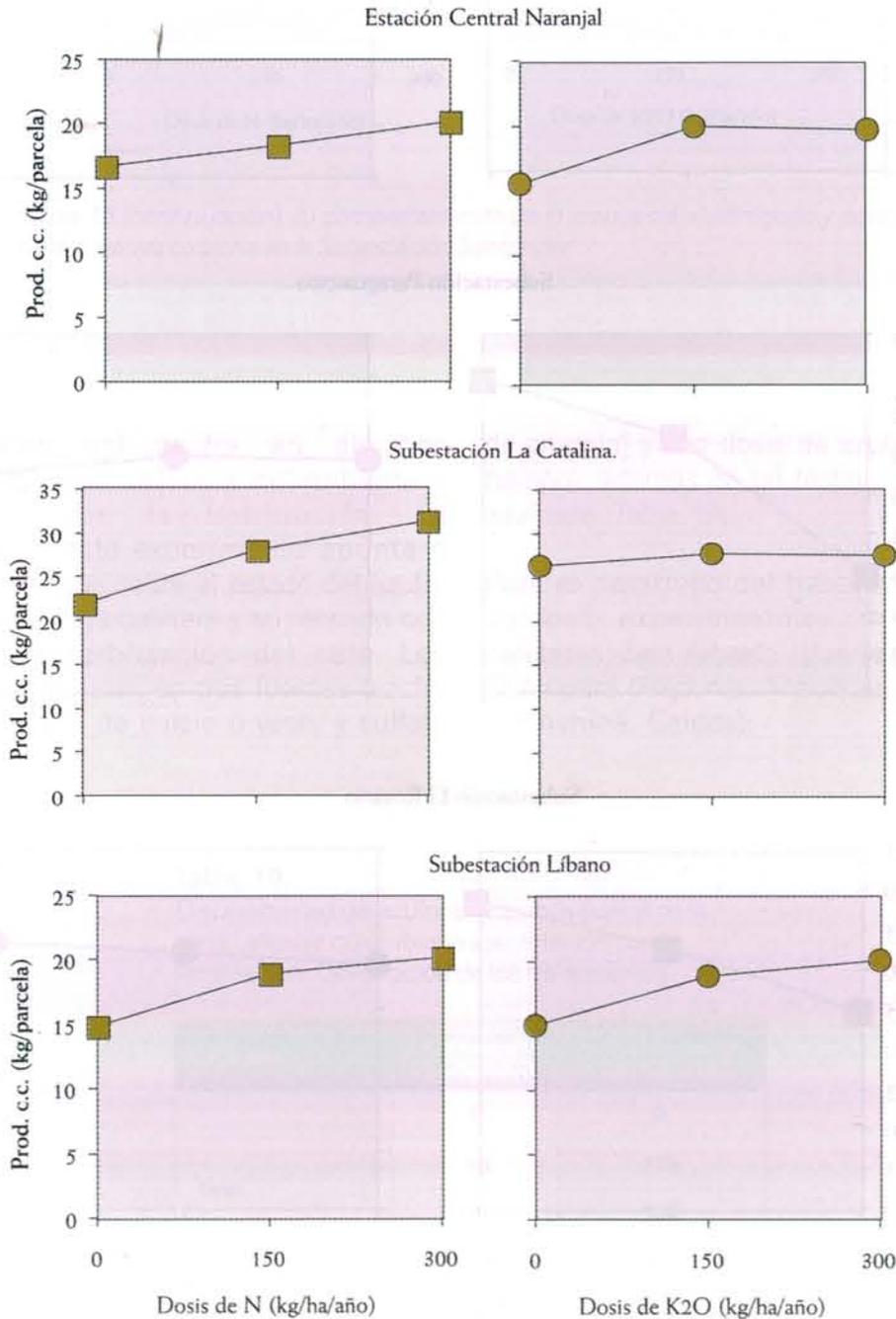
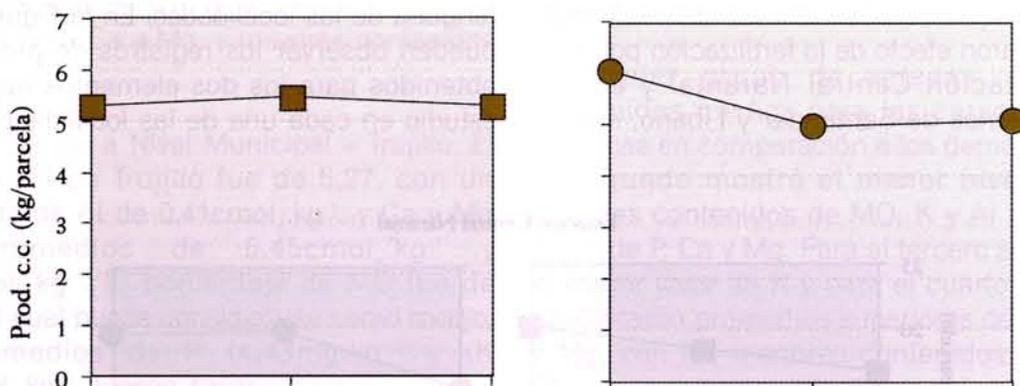


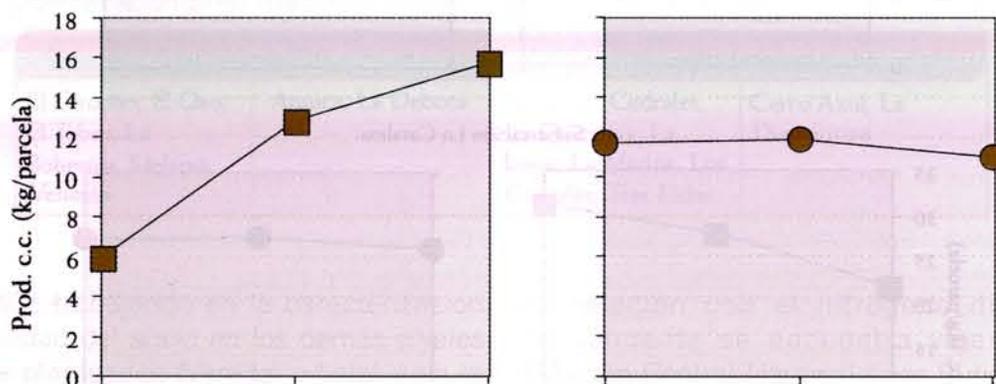
Figura 13. Respuesta al nitrógeno y potasio para la tercera cosecha en la Estación Central Naranjal y las subestaciones La Catalina y Líbano.



## Subestación Pueblo Bello



## Subestación Paraguaicito



## Subestación El Rosario

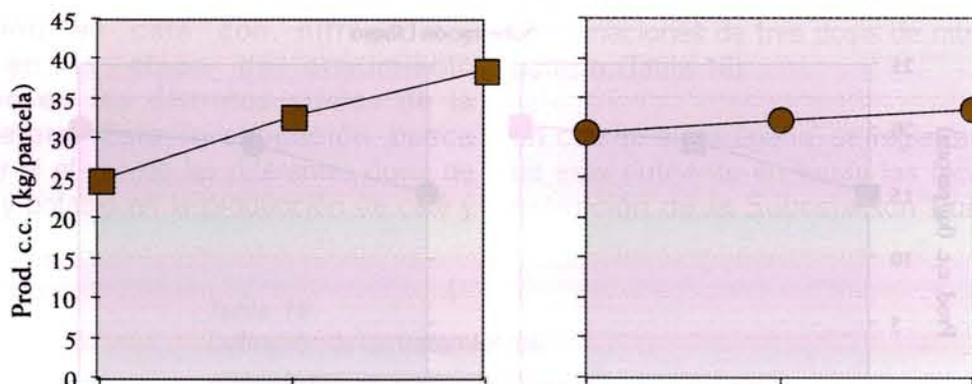
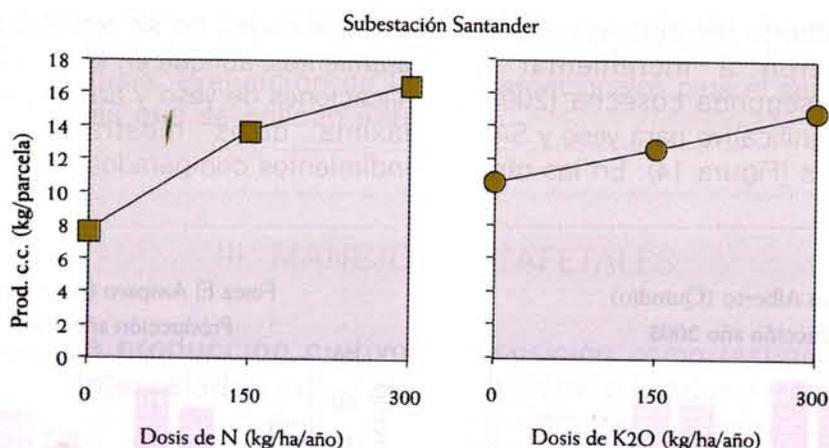


Figura 13 (continuación). El comportamiento de la respuesta al nitrógeno y potasio para la tercera cosecha en las Subestaciones Pueblo Bello, Paraguaicito y El Rosario.



*Figura 13 (continuación). El comportamiento de la respuesta al nitrógeno y potasio para la tercera cosecha en la Subestación Santander.*

**Disponibilidad del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilización.** La realización de este experimento apunta a generar información sobre el estado del azufre en suelos de la zona cafetera y su relación con la nutrición y fertilización del café. Los tratamientos consisten en tres fuentes (azufre elemental, sulfato de calcio o yeso, y sulfato

de amonio) y dos dosis de azufre (50 y 100kg/ha/año); además de un testigo sin fertilización azufrada (Tabla 19).

Para el desarrollo del trabajo se cuenta con campos experimentales en tres fincas cafeteras: San Alberto (Buenavista, Quindío), El Amparo (Fredonia, Antioquia) y La Cristalina (Chinchiná, Caldas).

**Tabla 19.**

Disponibilidad del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilización. Descripción de los tratamientos.

Fuente	Dosis Azufre (kg/ha/año)	Cantidad fuente (kg/ha/año)
-	0	0
Yeso	50	278
	100	208
SAM	50	51
	100	556
Azufre Elemental	50	416
	100	102

En la finca San Alberto las aplicaciones de azufre contribuyeron a incrementar el rendimiento de la segunda cosecha (2003), siendo su efecto significativo para yeso y SAM en su máxima dosis (Figura 14). En las otras

dos localidades no se registró efecto de los tratamientos, aunque en la finca El Amparo las aplicaciones de yeso y azufre elemental en su máxima dosis mostraron los mejores rendimientos comparados con el Testigo.

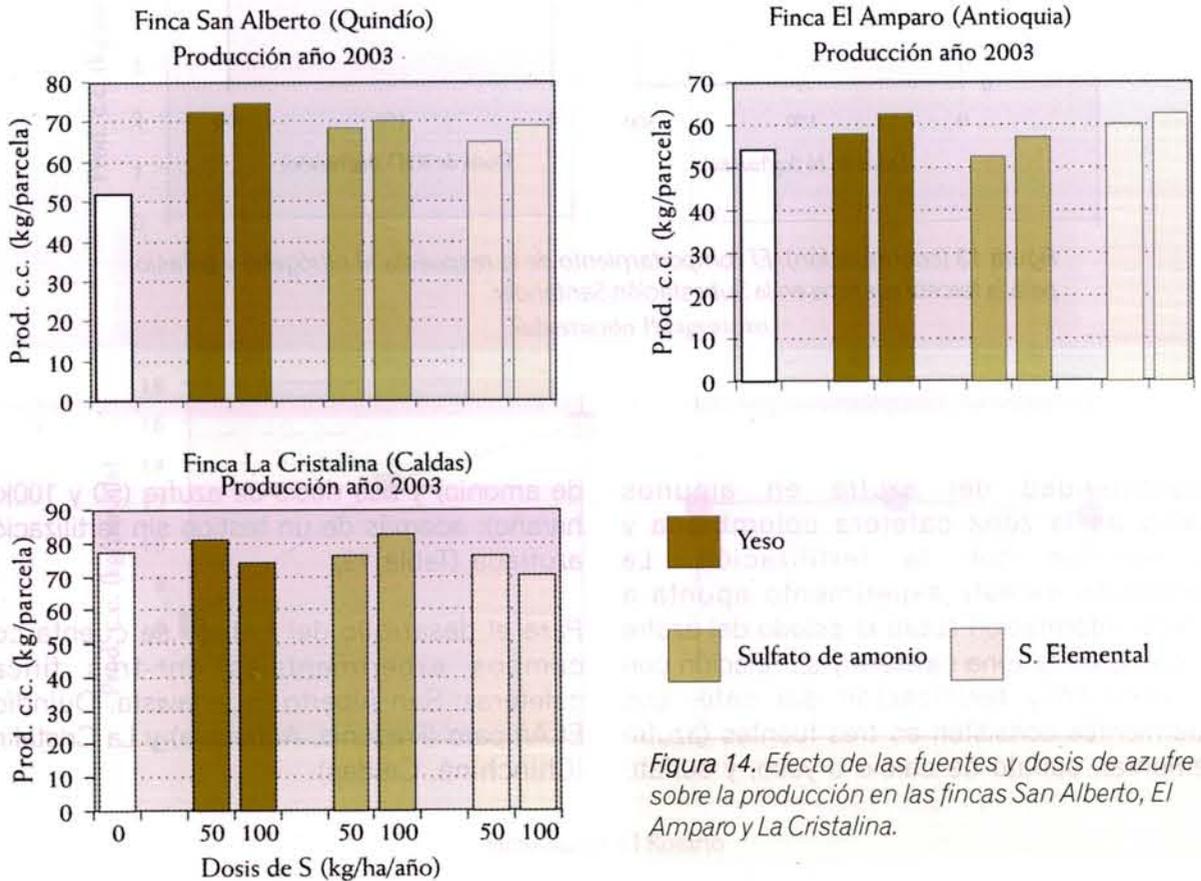


Figura 14. Efecto de las fuentes y dosis de azufre sobre la producción en las fincas San Alberto, El Amparo y La Cristalina.

**Servicio de análisis de material vegetal y bromatológico.** En el servicio de análisis de material vegetal y bromatológicos, identificado con el código SUE 0611, se analizaron 1.711 muestras, para un total de 19.214 determinaciones.

El 47,10% de las muestras analizadas correspondieron a proyectos de la Disciplina de Suelos, seguida de ETIA, Fitopatología, Fitotecnia y Química Industrial, con porcentajes de 12,39, 11,81; 8,53 y 0,06, respectivamente. El 20,05% del total de las muestras fueron analizadas para particulares,

las cuales correspondieron a cultivos de cítricos, espárrago, macadamia, café, plátano, aguacate y guayaba, entre otros.

Para el período de la referencia se presentó un incremento significativo en la solicitud de la determinación de azufre y cloruros en material vegetal correspondientes a experimentos de la Disciplina de Suelos.

Para garantizar la calidad de los análisis del laboratorio se llevan controles internos a través de muestras patrón de diferentes cultivos, chequeos con muestras patrón de otros

laboratorios del país, mantenimiento preventivo de los equipos, registros de todos los parámetros de análisis, evaluación de las nuevas metodologías que se aplican entre

otros, es decir, todos los aspectos recomendados por las normas nacionales e internacionales para el servicio de análisis.

### III. MANEJO DE CAFETALES

#### Sistemas de producción cultivos intercalados con café.

##### Estudio agroeconómico del sistema barreras de banano Gross Michel intercaladas con café (*Coffea arabica* L).

Los sistemas de producción complementarios al café, son una opción agronómica para diversificar la producción, reducir los costos de producción del café, producir ingresos adicionales a los del café y generar empleo de mano de obra en la zona cafetera.

Para contribuir con la anterior, en la Subestación Experimental Pueblo Bello (Cesar), se instaló en septiembre de 1998, un experimento para evaluar la producción de café sembrado a 2,0m x 1,0m (una planta por sitio: 5.000 plantas por hectárea) y barreras de banano Gross Michel a 4,0m, 6,0m y 8,0m entre ellas, más una parcela con café a libre

exposición como testigo. Se hizo manejo agronómico independiente a cada cultivo de acuerdo con sus exigencias y necesidades. Durante cuatro cosechas de café y cuatro de banano.

Los resultados muestran de forma consistente que la menor producción de café se da con barreras de banano a la distancia de 4m. De otra parte, aunque no se muestra diferencia estadística entre la producción a libre exposición solar y la de barreras a 8m, la calidad física del café es significativamente mejor cuando el café está con barreras de banano. Por tanto, en las condiciones en las cuales se obtuvieron estos resultados o similares se puede afirmar que el café con sombra de banano es de mejor calidad física, en el transcurso del tiempo el deterioro de las plantas es menor y la producción media es superior en la región donde se ubica el municipio de Pueblo Bello (40@ cps/ha) (Tabla 20).

Tabla 20.

Producción media de café (@ cps/ha) intercalado con barreras de banano Gross Michel entre 4,0 m y 8,0 m. Subestación Experimental Pueblo Bello (Cesar). 1998 – 2004.

Distancia entre las barreras (m)	Producción de café pergamino seco en arrobas por ha					
	2000 - 2001	2001 - 2002	2002 - 2003	2003 - 2004	TOTAL	MEDIA
4,0	107,67 b*	94,79 b	116,96 c	167,29 c	486,70 c	121,70 c
6,0	180,57 ab	143,21 a	150,33 bc	200,36 bc	674,50 bc	186,60 bc
8,0	204,16 a	151,56 a	207,69 b	253,85 ab	817,30 ab	204,30 ab
Libre exposición	234,60 a	179,58 a	316,25 a	291,08 a	1021,50 a	255,40 a
Media	181,80	142,30	197,80	228,15	750,00	187,50
C. de V. (%)	31,5	20,3	29,7	26,2	22,1	22,1

\* Valores medios seguidos de la misma letra son iguales según prueba DMS al 5%

Al considerar que en la región donde se ubica Pueblo Bello hay déficit hídrico, el banano se puede considerar como una buena opción de sombrío productivo para el café.

Con relación a la producción de banano los valores medios obtenidos son buenos como consecuencia del buen manejo agronómico

que se le dio al cultivo, el cual durante el tiempo que estuvo, fue una vitrina para los visitantes que llegaron a esta Subestación Experimental, con el interés de conocer este sistema de producción. Los ingresos que pueda producir dependerán del precio de venta, por ejemplo, durante este año el precio se ha mantenido en cien pesos por kilogramo (Tabla 21).

**Tabla 21.**

Valores medios de peso, número de manos y dedos por racimo de banano Gross Michel intercalado con café en barreras separadas a 4,0 m, 6,0 m y 8,0 m. Subestación Experimental Pueblo Bello (Cesar). 1998 – 2004.

AÑO	Distancia entre las barreras de banano	Peso medio de racimos (kg)	Número medio de manos / racimo	Número medio de dedos / racimo
2000	4 m	28	10	159
	6 m	26	10	156
	8 m	27	10	167
2001	4 m	29	10	167
	6 m	29	10	167
	8 m	30	10	172
2002	4 m	30	10	171
	6 m	30	10	172
	8 m	29	11	174
2003	4 m	22	10	147
	6 m	25	10	148
	8 m	25	10	151
Media general		27	10	163

### Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la fertilización química en la zona cafetera.

Ante la presencia de nuevos materiales de maíz en la zona cafetera y considerando los que saldrán pronto como producto del Convenio entre FNC - Fenalce - Cimmyt, se consideró necesario experimentar para conocer mejor las necesidades nutricionales del maíz en la zona cafetera, por tanto con este experimento inicial, se buscaba conocer la respuesta a la fertilización con nitrógeno,

fósforo y potasio tanto en híbridos como en variedades. En consecuencia, se instaló un experimento en la Estación Central Naranjal y en las subestaciones La Catalina, Paraguaquito y El Tambo, durante dos ciclos seguidos con un híbrido comercial y la variedad ICA V - 305. Los resultados mostraron respuesta a nitrógeno, fósforo y potasio en las dos cosechas; en todas las localidades, la producción media del híbrido superó a la variedad (Tabla 22).

Tabla 22.

Producción media en kg/ha de grano seco de maíz al 15% de humedad, en tres localidades de la zona cafetera con diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio.

Tratamientos (kg/ha)			La Catalina		Naranjal		Paraguaicito	
N	P O	KCl	ICA V -305	P - 3018	ICA V -305	P - 3018	ICA V -305	P - 3018
0	0	0	1.723	1.527	2.055	2.331	2.564	3.306
100	0	100	2.735	3.844	3.521	4.590	3.055	3.425
100	50	100	2.665	3.269	3.681	4.417	2.860	3.428
100	200	100	3.010	3.215	3.579	5.110	2.879	3.691
100	100	0	3.390	3.125	261	4.272	3.311	3.890
100	100	50	3.249	3.484	4.401	4.939	3.440	4.025
39	100	100	2.766	3.046	4.067	4.471	2.786	3.769
100	100	100	3.258	3.439	3.354	3.974	3.191	3.729
150	100	100	3.287	3.813	4.434	4.695	3.054	3.740
200	100	100	3.504	3.385	4.037	4.328	2.9 28	3.940
Media general			2.959	3.215	3.739	4.313	3.007	3.694
Coeficiente de var. (%)			25,49		19,13		14,68	

Con estos resultados se pudo ajustar el plan de fertilización que se recomendaba para la siembra de las variedades ICA V-305 e ICA V-354, aumentando la dosis de nitrógeno a 120kg/ha y la de fósforo a 100kg de  $P_2O_5$ /ha. El plan que se tenía para las variedades mencionadas, consistía en aplicar a la siembra una mezcla de 150kg de DAP más 100kg/ha de cloruro de potasio, y a los treinta días después de la siembra 150kg/ha de urea. Bonilla *et al.*, al estudiar la respuesta del maíz a nitrógeno, fósforo y potasio en la zona de Dolores (Tolima) con una variedad regional, obtuvieron la mejor producción y el mayor ingreso neto con 70, 20 y 20kg/ha de urea, fósforo ( $P_2O_5$ ) y potasio ( $K_2O$ ),

respectivamente. Para nuestro caso, las exigencias son mayores porque se trata de materiales mejorados de alto rendimiento (Tablas 23 y 24).

El análisis de los contenidos porcentuales en grano de N, P, K, Ca, Mg y cenizas, mostraron que son iguales entre la variedad y el híbrido (Tabla 23), pero la extracción del híbrido es mayor porque ésta depende de la producción de granos (Tabla 24). También se evaluó la incidencia de la mancha gris (*Cercospora* sp.) y se observó que la aplicación de potasio o su contenido alto en el suelo le permite a las plantas disminuir el efecto del ataque de este hongo.

Tabla 23.

Contenido porcentual de N, P, K, Ca, Mg y Cenizas en granos de maíz al momento de la cosecha. Subestación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda) 2003a.

Tratamientos	NITRÓGENO		FÓSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		CENIZAS	
	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305
0 - 0 - 0	1,60	1,73	0,64	0,54	0,76	0,59	0,018	0,018	0,20	0,20	3,01	2,71
100 - 0 - 100	1,82	1,85	0,71	0,61	0,81	0,69	0,018	0,015	0,24	0,22	3,72	2,86
100 - 50 - 100	1,63	1,79	0,61	0,68	0,73	0,74	0,018	0,018	0,20	0,24	2,92	3,11
100 - 200 - 100	1,65	1,88	0,67	0,72	0,75	0,77	0,015	0,013	0,22	0,31	3,12	3,22
100 - 100 - 0	1,64	1,69	0,56	0,49	0,71	0,58	0,015	0,013	0,24	0,20	2,82	2,56
100 - 100 - 50	1,65	1,84	0,51	0,67	0,65	0,76	0,015	0,018	0,19	0,25	2,34	3,23
39 - 100 - 100	1,67	1,85	0,64	0,69	0,74	0,74	0,013	0,015	0,22	0,25	2,96	3,07
100 - 100 - 100	1,68	1,66	0,59	0,57	0,73	0,64	0,015	0,013	0,21	0,21	2,85	2,62
150 - 100 - 100	1,53	1,87	0,64	0,67	0,74	0,72	0,015	0,018	0,21	0,24	2,97	3,25
200 - 100 - 100	1,80	1,69	0,71	0,62	0,78	0,69	0,015	0,018	0,23	0,27	3,27	3,06
Media	1,67	1,78	0,62	0,62	0,74	0,69	0,016	0,016	0,21	0,24	2,95	2,96
C. de V.(%)	9,04		19,35		16,49		29,86		20,48		13,89	

Tabla 24.

Cantidades medias (kg/ha) de N, P, K, Ca, Mg y Cenizas extraídas en una cosecha de maíz ajustada al 15% de humedad. Subestación Experimental La Catalina (Pereira, Risaralda) 2003a.

Tratamientos	NITRÓGENO		FÓSFORO		POTASIO		CALCIO		MAGNESIO		CENIZAS	
	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305	Pioneer 3018	ICA V-305
0 - 0 - 0	29,26	31,11	11,89	10,27	14,35	11,08	0,334	0,333	3,69	3,76	56,99	48,82
100 - 0 - 100	76,51	57,03	29,51	18,85	3,76	21,41	0,725	0,456	9,97	6,64	135,94	88,27
100 - 50 - 100	58,83	51,40	21,72	19,36	26,00	21,19	0,648	0,504	7,24	6,95	104,27	88,71
100 - 200 - 100	56,64	69,97	22,23	26,10	25,81	28,62	0,496	0,426	7,44	12,23	107,43	119,9
100 - 100 - 0	63,06	58,16	21,49	17,06	7,25	19,95	0,536	0,420	9,54	6,73	110,07	89,27
100 - 100 - 50	91,33	55,51	28,08	19,46	35,60	22,63	0,836	0,535	10,39	7,41	130,47	96,96
39 - 100 - 100	63,13	66,96	22,92	24,73	26,73	26,42	0,425	0,528	7,81	8,83	107,52	110,48
100 - 100 - 100	60,21	54,38	20,77	18,18	26,01	20,58	0,521	0,439	7,36	6,67	102,11	82,96
150 - 100 - 100	60,76	66,90	25,54	23,35	29,93	25,05	0,581	0,612	8,29	8,29	118,74	117,33
200 - 100 - 100	66,61	65,28	25,95	23,93	28,45	26,61	0,546	0,658	8,49	10,25	120,52	118,43
Media	61,07	56,32	22,33	19,61	26,79	21,87	0,562	0,491	7,82	7,58	106,86	93,81
C. de V. (%)	24,6		27,0		26,3		35,7		34,7		26,0	

**Efecto de la intensidad del sombrero sobre la respuesta del café al fertilizante.** Se determinará el comportamiento de la producción de café ante la variación conjunta de la intensidad del sombrero y de la cantidad de fertilizante aplicado. Los tratamientos aplicados se consignan en la Tabla 25.

hay diferencias significativas en la producción media de siete cosechas de café en cada tratamiento. La producción media general del sistema con café a 1,5 x 1,5 m y guamo a 6,0 x 6,0 m es de 82,1@ de café pergamino seco/ha/año.

La distancia de siembra del café es de 1,5 x 1,5m. Los resultados obtenidos en el año 2003 y la producción media de siete cosechas (1997 a 2003) en la Subestación Experimental Pueblo Bello, se presentan en la Tabla 26.

**Sombrero a 6,0 x 6,0m.** Los resultados de los análisis estadísticos (prueba Duncan al 5%), mostraron que en el año 2003, no se presentan diferencias estadísticas entre tratamientos, la producción media con sombrero a 6,0 x 6,0m, fue de 92,3@ de café pergamino seco/ha. No

**Sombrero a 9,0 x 9,0m.** Los resultados de los análisis estadísticos (prueba Duncan al 5%), mostraron que en el año 2003, no se presentan diferencias estadísticas entre tratamientos bajo esta distancia de siembra del sombrero; la producción media con sombrero a 9,0 x 9,0m para este año, fue de 114,3@ de café pergamino seco/ha. No se presentaron diferencias significativas en la producción media de siete cosechas de café en cada tratamiento. La producción media general del sistema, café 1,5 x 1,5m y guamo a 9,0 x 9,0m fue de 116,4@ de café pergamino seco/ha/año.

Tabla 25.

Tratamientos para el estudio del efecto de la intensidad del sombrero sobre la respuesta del café al fertilizante. Subestación Pueblo Bello.

Nº	Tratamientos	Descripción
1	S <sub>1</sub> F <sub>0</sub>	Sombrero a 6 x 6 m. Sin fertilizante
2	S <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	Sombrero a 6 x 6 m. 25% de la dosis del análisis de suelos
3	S <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	Sombrero a 6 x 6 m. 50% de la dosis del análisis de suelos
4	S <sub>1</sub> F <sub>3</sub>	Sombrero a 6 x 6 m. 75% de la dosis del análisis de suelos
5	S <sub>2</sub> F <sub>0</sub>	Sombrero a 9 x 9 m. Sin fertilizante
6	S <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	Sombrero a 9 x 9 m. 25% de la dosis del análisis de suelos
7	S <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	Sombrero a 9 x 9 m. 50% de la dosis del análisis de suelos
8	S <sub>2</sub> F <sub>3</sub>	Sombrero a 9 x 9 m. 75% de la dosis del análisis de suelos
9	S <sub>3</sub> F <sub>0</sub>	Sombrero a 12 x 12 m. Sin fertilizante
10	S <sub>3</sub> F <sub>1</sub>	Sombrero a 12 x 12 m. 25% de la dosis del análisis de suelos
11	S <sub>3</sub> F <sub>2</sub>	Sombrero a 12 x 12 m. 50% de la dosis del análisis de suelos
12	S <sub>3</sub> F <sub>3</sub>	Sombrero a 12 x 12 m. 75% de la dosis del análisis de suelos



Tabla 26.

Producción @ C.P.S./ha, en el año 2003 y producción media de siete cosechas (1997 a 2003) en @ cps/ha, Subestación Experimental Pueblo Bello.

Tratamientos	Distancia siembra sombrío		Dosis de Fertilizante		Producción Año 2003	Media (7 cosechas)
6.0 x 6.0 m	0	S 1 F 0	121,3 a*	88.7 a		
	25%	S 1 F 1	68,0 a	73.5 a		
	50%	S 1 F 2	78,5 a	77.7 a		
	75%	S 1 F 3	101,5 a	88.3 a		
	Media			82.1 c		
9.0 x 9.0 m	0	S 2 F 0	122,7 a	120.8 a		
	25%	S <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	107,5 a	115.3 a		
	50%	S 2 F 2	105,3 a	104.5 a		
	75%	S 2 F 3	121,8 a	125.2 a		
	Media			116.4 b		
12.0 x 12.0 m	0	S 3 F 0	89,3 a	115.2 b		
	25%	S 3 F 1	131,7 a	129.5 b		
	50%	S 3 F 2	92,3 a	115.5 b		
	75%	S 3 F 3	164,5 a	157.4 a		
	Media			129.4 a		

\* Promedios seguidos por letra distinta presentan diferencia estadística. Duncan al 5%

**Sombrío a 12,0 x 12,0m.** Los resultados de los análisis estadísticos (prueba Duncan al 5%), mostraron que en el año 2003, no se presentan diferencias estadísticas entre tratamientos; la producción media con sombrío a 12,0 x 12,0m para este año, fue de 119,5@ de café pergamino seco/ha. La prueba de comparación, Duncan al 5%, de la producción media obtenida en cada tratamiento de fertilización durante las siete cosechas (115,2; 129,5; 115,5 y 157,4@ de café pergamino seco/ha), indica que no hay diferencia estadística entre los tratamientos que implicaron aplicar 0, 25% y 50% del fertilizante recomendado por el análisis de suelos. Hay diferencia estadística significativa

entre los tres tratamientos anteriores y el tratamiento con aplicación del 75% del fertilizante. La producción media general del sistema, café 1,5 x 1,5m y guamo a 12,0 x 12,0m fue de 129,4@ de café pergamino seco/ha/año.

Al comparar la producción media general de café obtenida bajo cada arreglo espacial (82,1; 116,4 y 129,4@ de café pergamino seco/ha), el análisis estadístico (Tukey 5%), mostró que entre estas tres medias hay diferencia estadística significativa. La máxima producción de café se obtiene con el componente arbóreo (*Inga* sp) plantado a 12,0 x 12,0m; la producción media obtenida bajo este nivel de

sombreamiento fue 10% mayor comparada con la producción con el componente arbóreo a 9,0 x 9,0 y del 36,6% mayor frente a la obtenida con esta misma especie plantada a 6,0 x 6,0m. La producción media de café presentada con el componente arbóreo establecido a 9,0 x 9,0m fue 28,0% mayor que la obtenida con el sombrío plantado a 6,0 x 6,0m.

**Comparación de la producción del café bajo sombra de cinco especies leguminosas a diferentes densidades de siembra.** Se estudia el efecto de la intensidad del sombrío de cinco especies leguminosas a tres distancias de siembra, sobre la producción del café sembrado a 1,5 x 1,5m. Los tratamientos se presentan en la Tabla 27.

Los resultados de producción en el año 2003 y la media general del ciclo 1998 a 2003 en @

de cps/ha, en la Subestación Experimental Pueblo Bello se presentan en la Tabla 28.

**Sombrío a 6,0 x 6,0m.** La producción de café registrada en el año 2003, bajo cada especie de sombrío fue de 151,5; 147,0; 103,5; 228,0 y 135,0@ de café pergamino seco/ha con sombrío de *E. fusca*, *E. rubrinervia*, *I. Densiflora*, *L. leucocephala* y *A. Carbonaria*, respectivamente.

La producción media registrada en el período 1998 a 2003 bajo cada especie de sombra y a esta distancia de siembra, fue de 279,8; 323,6; 287,3; 317,6 y 310,7@ de café pergamino seco/ha/año con sombrío de *E. fusca*, *E. rubrinervia*, *I. Densiflora*, *L. leucocephala* y *A. Carbonaria*, respectivamente; los resultados de los análisis estadísticos (Duncan al 5%), no evidenciaron diferencias estadísticas significativas en la producción de café en el año 2003 ni en la

**Tabla 27.**

Tratamientos para el estudio del efecto de la intensidad del sombrío sobre la respuesta del café al fertilizante. Subestación Pueblo Bello.

Nº	Tratamientos	Descripción
01	A <sub>1</sub> B <sub>1</sub>	6,0 x 6,0 m. <i>Erythrina fusca</i>
02	A <sub>1</sub> B <sub>2</sub>	6,0 x 6,0 m. <i>E. rubrinervia</i>
03	A <sub>1</sub> B <sub>3</sub>	6,0 x 6,0 m. <i>Inga densiflora</i>
04	A <sub>1</sub> B <sub>4</sub>	6,0 x 6,0 m. <i>L. leucocephala</i>
05	A <sub>1</sub> B <sub>5</sub>	6,0 x 6,0 m. <i>Albizzia carbonaria</i>
06	A <sub>2</sub> B <sub>1</sub>	9,0 x 9,0 m. <i>E. fusca</i> .
07	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub>	9,0 x 9,0 m. <i>E. rubrinervia</i>
08	A <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	9,0 x 9,0 m. <i>I. Densiflora</i>
09	A <sub>2</sub> B <sub>4</sub>	9,0 x 9,0 m. <i>L. leucocephala</i>
10	A <sub>2</sub> B <sub>5</sub>	9,0 x 9,0 m. <i>A. carbonaria</i>
11	A <sub>3</sub> B <sub>1</sub>	12,0 x 12,0 m. <i>E. fusca</i>
12	A <sub>3</sub> B <sub>2</sub>	12,0 x 12,0 m. <i>E. rubrinervia</i>
13	A <sub>3</sub> B <sub>3</sub>	12,0 x 12,0 m. <i>I. densiflora</i>
14	A <sub>3</sub> B <sub>4</sub>	12,0 x 12,0 m. <i>L. leucocephala</i> .
15	A <sub>3</sub> B <sub>5</sub>	12,0 x 12,0 m. <i>A. carbonaria</i>

Tabla 28.

Producción @ C.P.S./ha, en el año 2003 y Producción media de seis (1998 a 2003) en @ cps/ha, Subestación Experimental de Pueblo Bello.

Especies de Sombrío	Distancia de Siembra del Sombrío					
	6,0 x 6,0 m		9,0 x 9,0 m		12,0 x 12,0 m	
	2003	Media	2003	Media	2003	Media
<i>E. fusca</i>	151,5 a	279,8 a	272,7 a	273,2 a	189,9 b	221,9 a
<i>E. rubrinervia</i>	147,0 a	323,6 a	187,4 b	256,3 a	278,6 a	255,6 a
<i>I. Densiflora</i>	103,5 a	287,3 a	144,8 b	249,5 a	186,8 b	231,6 a
<i>L. leucocephala</i>	228,0 a	317,6 a	142,6 b	225,6 a	160,2 b	205,7 a
<i>A. carbonaria</i>	135,0 a	310,7 a	172,0 b	258,1 a	180,0 b	241,0 a

Duncan 5%. Promedios con letra similar, no presentan diferencia significativa

producción media general, cuando se cultiva con sombrío de especies leguminosas plantadas a 6,0 x 6,0m.

**Sombrío a 9,0 x 9,0m.** La producción de café registrada en el año 2003, bajo cada especie de sombrío fue de 272,7; 187,4; 144,8; 142,6 y 172,0@ de café pergamino seco/ha con sombrío de *E. fusca*, *E. rubrinervia*, *I. Densiflora*, *L. leucocephala* y *A. Carbonaria*, respectivamente; La producción de café bajo sombrío de *E. fusca* fue mayor (diferencia estadística, según prueba Duncan 5%) al ser comparada con las producciones registradas bajo las demás especies de sombrío.

La producción media registrada en el período 1998 a 2003 bajo cada especie de sombra y a esta distancia de siembra, fue de 273,2; 256,3; 249,5; 225,6 y 258,1@ de café pergamino seco/ha/año con sombrío de con sombrío de *E. fusca*, *E. rubrinervia*, *I. Densiflora*, *L. leucocephala* y *A. carbonaria* respectivamente; los resultados de los análisis estadísticos (Duncan al 5%), no evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre estas producciones medias.

**Con sombrío a 12,0 x 12,0m.** La producción de café registrada en el año 2003, bajo cada

especie de sombrío fue de 189,9; 278,6; 186,8; 160,2 y 180,0@ de café pergamino seco/ha con sombrío de *E. fusca*, *E. rubrinervia*, *I. Densiflora*, *L. leucocephala* y *A. Carbonaria*, respectivamente; la producción de café registrada con sombrío de *E. rubrinervia* fue mayor (diferencia estadística, según prueba Duncan 5%) al compararla con las producciones obtenidas bajo las otras especies arbóreas.

La producción media registrada en el período 1998 a 2003 bajo cada especie de sombra y a esta distancia de siembra, fue de 221,9; 255,6; 231,6; 205,7 y 241,0@ de café pergamino seco/ha/año con sombrío de *E. fusca*, *E. rubrinervia*, *I. Densiflora*, *L. leucocephala* y *A. carbonaria* respectivamente; los resultados de los análisis estadísticos (Duncan al 5%), no evidenciaron diferencias significativas entre estas producciones medias.

**Respuesta en producción del café al sol fertilizado con lombricompost.** En el experimento se determina la dosis óptima desde el punto de vista biológico y económico, de la materia orgánica en forma de lombricompost para fertilizar cafetales a libre exposición y plantado a 1,0 x 1,0m. Los tratamientos se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29.

Tratamientos para el estudio de la respuesta en producción del café al sol fertilizado con lombricomposteo

Tratamiento	Descripción
1	Aplicación de 0,5kg de Lombricomposteo/planta/año
2	Aplicación de 1,0kg de Lombricomposteo/planta/año
3	Aplicación de 2,0kg de Lombricomposteo/planta/año
4	Aplicación de 3,0kg de Lombricomposteo/planta/año
5	Testigo fertilizado según el análisis de suelos
6	Testigo sin ningún tipo de fertilización

Los resultados de producción en el año 2003 y la media general del ciclo 1999 – 2003 en la Estación Central Naranjal, se presentan en la Tabla 30.

Los análisis estadísticos realizados a la producción registrada en el año 2003, mostraron diferencia estadística entre los tratamientos 2 y 4 (aplicación de 1 y 3kg de lombricomposteo/planta/año) al ser comparados con los tratamientos 1, 5 y 6 (aplicación de 0,5kg de lombricomposteo,

fertilización según los resultados de los análisis de suelos y sin fertilización, respectivamente).

Los análisis de la producción media obtenida en cada uno de los tratamientos, en el período 1999 – 2003 (cinco cosechas), permiten observar que no hay diferencia estadística entre la producción obtenida cuando se fertiliza el café (fertilizante químico) según los resultados de los análisis de suelos y la producción media obtenida cuando se fertiliza con 0,5 y 1,0kg de lombricomposteo/planta/año. Igualmente las

Tabla 30.

Producción @ cps/ha, en el año 2003 y producción media de cuatro cinco (1999 - 2003) en @ cps/ha, Estación Central Naranjal.

Tratamientos Lombricomposteo/planta/año		Producciones @ cps/ha/año	
		2003	Media
1	0,5kg	291,8 bc*	260,4 b
2	1,0kg	388,8 a	309,7 ab
3	2,0kg	368,0 ab	330,7 a
4	3,0kg	385,8 a	343,7 a
5	Con Fertilización	245, 9 cd	255,9 b
6	Sin fertilización	175,3 d	169,2 c

\* Registros con letra diferente presentan diferencia significativa a nivel del 5% según prueba Tukey

máximas producciones se presentan cuando se fertiliza el café con 2,0 y 3,0kg de lombricompost/planta/año (diferencia estadística, Tukey al 5%). Los tratamientos 2 al 5 mostraron diferencia estadística significativa al ser comparados con el tratamiento testigo (café sin fertilización).

### Raíz bifurcada

**Efecto de la raíz bifurcada en el crecimiento y desarrollo de la planta de café en almácigo y en la producción.** Se evalúan dos tratamientos así: 1) Plantas con raíz normal; 2) Plantas con raíz bifurcada. Se trabaja en dos fases: Una en costales para evaluar en forma detallada durante un año, la estructura de las raíces y la otra fase en campo para evaluar el efecto en la producción durante tres cosechas. Los resultados obtenidos hasta el momento permiten concluir que el disturbio de la raíz bifurcada presente en las chapolas, no tiene efectos negativos sobre el desarrollo de las plantas de café en almácigo y hasta un año de desarrollo en el campo. Se está evaluando su efecto en la producción.

### Crespera del cafeto

**Incidencia y efecto de la "crespera" en siembras y zocas de café.** Tiene como

objetivo establecer formas de contrarrestar los efectos del disturbio conocido como la «crespera», mediante el estudio de su incidencia y efecto, en diferentes etapas de desarrollo de la planta y bajo diferentes intensidades de desyerba y épocas de zoqueo. El lote experimental está ubicado en la finca Betania, Vereda Villarazo, municipio de Villamaría, Caldas, altitud 1560 m, ecotopo 207 A. Se está haciendo la evaluación de dos tipos de manejo: A) Frecuencias de desyerbas: Mensual (D1), bimestral (D2), trimestral (D3) y suelo sin cobertura (D4). Con este manejo se pretende determinar si la frecuencia de las desyerbas causa un desplazamiento temporal de los posibles insectos vectores hacia el café, contribuyendo así a la transmisión del patógeno. B) Frecuencias de zoqueo. Sin zoqueo (Z0), zoqueo a los 12 (Z1), 24 (Z2) y 36 (Z3) meses después de de siembra. Con este manejo se busca comprobar si la zoca es más susceptible y además cómo influye la edad de la planta.

Incidencia en el lote experimental. En el análisis de los resultados de las evaluaciones de presencia de síntomas (plantas con ramas con hojas diminutas o moteados) que podrían estar estrechamente relacionados con crespera (Tabla 31), no se encontraron diferencias significativas entre tratamientos para las variables evaluadas individualmente o en su interacción, es decir, todavía no se observa relación entre incidencia y los tratamientos de desyerba o de zoqueo.

Tabla 31.

Incidencia de crespera según la frecuencias de desyerba y época de zoqueo. Fit.0535. Abril de 2004. Finca Betania. Villamaría - Caldas

Época de zoqueo	Porcentaje plantas afectadas				Promedio
	Frecuencia desyerbas				
	Quincenal	Mensual	Bimestral	Trimestral	
Sin Zoqueo (Z0)	0,000	0,031	0,000	0,031	0,016
Zoqueo 18 meses (Z1)	0,000	0,031	0,031	0,031	0,023
Zoqueo 30 meses (Z2)	0,000	0,063	0,031	0,063	0,039
Zoqueo 42 meses (Z3)	0,031	0,063	0,125	0,000	0,055
Promedio	0,008	0,047	0,047	0,031	0,033

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, existen algunas observaciones para destacar:

- Solamente dos tratamientos no han presentado algún síntoma relacionado con el disturbio (sin zoqueo con desyerba quincenal y sin zoqueo con desyerba bimestral).
- En los demás tratamientos el disturbio se ha presentado con mayor tendencia en los tratamientos de zoqueo y mayor intervalo entre desyerbas que en los tratamientos libre crecimiento y desyerba quincenal.

Incidencia en el lote comercial. En julio de 2002, 2003 y 2004 se hizo un reconocimiento general del lote, sobre 5700 plantas (Tabla 32). Para el año 2004 se encontró que la incidencia en el lote después de 57 meses desde la siembra, es de 1,5% de plantas positivas y 0,4% de plantas sospechosas, cifras superiores a las registradas en el año 2003, y similares a las del 2002, es decir no se ha registrado un progreso significativo del disturbio a nivel del lote, pues todavía se tiene un 98% de las plantas que no muestran sintomatologías relacionadas con el problema.

## Desarrollo y estudio de métodos de muestreo para la caficultura.

**Estudio estadístico para el plan de muestreo de las treinta ramas.** Para cumplir con el objetivo de soportar estadísticamente el muestreo de las treinta ramas, se han hecho cuatro evaluaciones, bajo un muestreo sistemático de uno en 166, en un lote de una hectárea, sembrado con variedad Colombia, en la Estación Central Naranjal. Los resultados han mostrado, hasta el momento, que el tiempo total de evaluación (tiempos de llegada al árbol y los tiempos de conteo), en la aplicación del plan de las treinta ramas, es aproximadamente de una hora, de tal manera que en promedio por unidad de muestreo (árbol), el tiempo de llegada está entre 68,7 y 83,5 segundos y el tiempo de conteo del total de frutos y frutos perforados en la rama está entre 21 y 43 segundos. En las cuatro evaluaciones el promedio de frutos perforados por árbol (en una rama), estuvo entre cuatro y ocho frutos y la estimación del porcentaje de frutos perforados por broca, en promedio por unidad de muestreo (árbol), fluctuó entre el 8,95 y 11,74%, con límites de error de 3,37 y 6,90% de frutos perforados,

**Tabla 32.**

Incidencia general de cressera en el lote comercial. Julio de 2002, julio de 2003 y julio de 2004. FIT 0535 finca Betania, Villamaría (Caldas).

Calificación	Tipo de síntomas	Julio 2002		Julio 2003		Julio 2004	
		Nº Plantas	%	Nº Plantas	%	Nº Plantas	%
Positivas	Síntomas muy definidos (brotes con hojas diminutas, enanismo)	56	1,0	28	0,5	84	1,5
Dudosas	Con síntomas, pero poco definidos	49	0,9	26	0,5	22	0,4
Sanas	Asintomáticas	5595	98,1	5577	99,0	5560	98,1
Total plantas		5700	100	5682	100	5665	100

respectivamente. Esto implica, por ejemplo, que para el caso de la estimación en 11,74%, el porcentaje de frutos perforados por árbol está entre 4,84 y 18,64%, con una probabilidad mínima del 75%. Los límites de error obtenidos descriptivamente son superiores al planteado (2%) para una infestación superior al 5%, por tanto, el tamaño de muestra para el diagnóstico de la infestación por broca en una hectárea, de acuerdo con las varianzas estimadas en cada una de las evaluaciones, fijando un error de estimación del 2% y con una probabilidad asociada mínima del 75%, debe ser como mínimo de 90 árboles, tomando en cada árbol una rama con frutos.

**Cuantificación de la floración, cuajamiento y crecimiento del fruto en las Subestaciones Experimentales de Cenicafé.** En las localidades de Naranjal, El Tambo y Marquetalia, se hizo un estudio de muestreo. Se tomaron los registros semanales de la cantidad de botones en estado 5, para las cosechas principal y de "mitaca", durante siete períodos de floración. Las evaluaciones se hicieron en 32 árboles y de cada árbol se tomaron 12 ramas. Con base en este estudio se propone el siguiente plan de muestreo, como una herramienta para estimar el número de flores, con el propósito de cuantificar la floración y hacer el diagnóstico anticipado de la distribución de la cosecha:

1. Durante los períodos entre noviembre primero y abril 30 (floración para cosecha de julio-diciembre) y mayo primero a octubre 31 (floración para cosecha de enero-junio), cada ocho días, en todos y cada uno de los lotes en etapa reproductiva, debe hacerse la evaluación de la floración.
2. Una vez ubicado en el lote a evaluar, debe seleccionarse en cada surco "n" árboles al azar, donde "n" es igual a 380 sobre el número de surcos del lote.

$$n = 380 / (\text{número de surcos en el lote})$$

3. En cada árbol seleccionado, se toma la rama con mayor número de botones en estado 5, según la apreciación visual, y finalmente, se hace el conteo de los botones ( $b_i$ ) y del número de ramas con botones en este estado ( $r_i$ ).
4. Una vez realizado el recorrido a través de todos los surcos, se realizan los siguientes cálculos:

$$NF = \frac{\sum_{i=1}^{380} b_i}{380}, \quad NR = \frac{\sum_{i=1}^{380} r_i}{380}, \quad TF_j = NF \times NR \times NP$$

donde NP = número de plantas sembradas en el lote.

5. Para calcular  $PF_j$ , es necesario conocer el total de flores en el lote en la evaluación  $j$  ( $TF_j$ ) y el número de evaluaciones en cada período ( $m$ ). El porcentaje de floración  $PF_j$  en la evaluación  $j$ , sólo puede estimarse al finalizar el período, siendo éste abril 30 u octubre 31. Los cálculos para  $PF_j$  son los siguientes:

$$PF_j = \frac{TF_j}{\sum_{j=1}^m TF_j} \times 100$$

6. Descriptivamente, el porcentaje de floración más alto, puede indicar la semana pico de recolección.
7. Para el diagnóstico de la cantidad de café cereza a recolectar en gramos, por pase ( $CC_j$ ) o el total de café a cosechar ( $CCT$ ), es necesario realizar las siguientes operaciones:

$$CC_1 = TF_j \times 0.50 \times 1.8$$

$$CC_2 = TF_j \times 0.85 \times 1.8$$

$$CCT\ 1 = \left( \sum_{j=1}^m TF_j \right) \times 0.50 \times 1.8$$

$$CCT\ 2 = \left( \sum_{j=1}^m TF_j \right) \times 0.85 \times 1.8$$

8. La estimación de la cantidad de café a producir, de acuerdo con los registros de floración para cada pase  $j$ , está entre  $CC1_j$  y  $CC2_j$ , con una probabilidad mínima del 75% y un error de estimación sobre el número total de botones en estado 5, por debajo del 12%.

Como proyección se tiene aplicar el plan de muestreo en al menos un lote de cada una de las estaciones experimentales de Cenicafé, durante dos períodos de floración (para la cosecha de "mitaca" y la cosecha principal), y con los resultados hacer un ajuste al plan de muestreo para que pueda ser entregado a los caficultores colombianos y cumplir con el objetivo de "Brindar al caficultor una herramienta para estimar la floración con el propósito de diagnosticar anticipadamente la distribución de la cosecha" y simultáneamente evaluar la opción de hacer un pronóstico de cosecha a nivel del lote y en última instancia de la finca.

## Modelos

**Broca del café.** Con la estructura del modelo de simulación para el cultivo del café, se desarrolló el modelo de simulación para la dinámica de la broca. Durante este período se le han hecho ajustes, entre ellos están: pasar del lenguaje IML del SAS al lenguaje Visual Basic. Se adaptó como información de entrada, el número de frutos perforados por broca dejados en el suelo y en el árbol, en la cosecha inmediatamente anterior. Este cambio se hizo dado que es más fácil y ágil hacer el diagnóstico por sitio del número de frutos perforados que utilizar el porcentaje de frutos dejados en el árbol y en el suelo (parámetro planteado al inicio del experimento).

Hasta el momento no se ha demostrado experimentalmente el efecto de dejar frutos perforados en el suelo y en el árbol durante el proceso de recolección, sobre el comportamiento de la infestación de la broca en el período siguiente de producción. Por ello, con el propósito de tener una primera evaluación de dichos efectos, se utilizó el modelo de simulación de broca del café, cuyos resultados muestran que: a mayor número de frutos perforados dejados en el suelo y en el árbol, mayor nivel de infestación; a mayor número de frutos en el suelo, mayor es el porcentaje de infestación en el período siguiente; a mayor número de brocas adultas en los frutos en el árbol y en el suelo, mayor el porcentaje de infestación; a mayor densidad de siembra mayor porcentaje de frutos perforados (siempre y cuando se den las condiciones ambientales necesarias), dado que hay mayor cantidad de brocas como inóculo inicial, por ejemplo, si se dejan cinco frutos perforados por broca en el suelo y en el árbol, es decir, un total de diez frutos por sitio, el nivel de infestación dos meses después del último pase de la cosecha principal, sería de 5,9 y 9,2%, en lotes de 5.000 y 10.000 plantas, respectivamente.

Si se tiene en cuenta que la recomendación de Cenicafé, acerca de hacer una buena labor de cosecha, como uno de los medios para controlar la broca, dejando como máximo, cinco frutos en el suelo y cinco en la planta y asumiendo que máximo el 50% de ellos esté perforado, el máximo de infestación que se obtendría sería de 2,9 y 4,6%, para lotes con 5.000 y 10.000 plantas por hectárea, respectivamente. Niveles de infestación que para la época de la formación de los frutos son manejables, por tanto, este resultado respalda dicha recomendación, bajo los supuestos planteados.

Con los resultados de este trabajo, se corrobora la importancia de aplicar un repase, después de la recolección, con el propósito de disminuir la población de brocas de los frutos que queden en el suelo, con lo cual se disminuiría el



potencial que ellas tienen en la infestación del ciclo de producción siguiente.

**Floración.** Con base en la información generada de la investigación FIS 0523, en 17 localidades de la zona cafetera, se estudió en este período, desde el punto de vista estadístico, la estimación y comportamiento de la floración. El análisis, inicialmente, se realizó en cuatro localidades: Naranjal, El Tambo, Pueblo Bello y Marquetalia. Se estudió la floración con la variable endógena porcentaje de floración (con respecto a un período definido) y con las variables exógenas número de días con temperatura por debajo de 14°C (TEM), número de días con un delta de temperatura mayor de 11°C (DELTA), número de días con déficit hídrico (DEF), número de días con índice de humedad del suelo menor de 0,25 (IH25) y el promedio del índice de humedad del suelo (PIH). Estas variables se estimaron para períodos de días antes de diez días de ocurrir la floración.

En general, en todas las localidades el tiempo a tener en cuenta antes de los diez días de la floración, está entre diez y 15 días, y la variable común entre ellos para describir el porcentaje de floración, es el número de días con déficit hídrico (DEF).

Hay casos en los cuales las variables independientes explican hasta en un 43%, la variación del porcentaje de floración, hay otros en los cuales ni siquiera la explican, lo cual indica que un modelo descriptivo no es suficiente y por ello se procedió a analizar la cantidad de unidades térmicas acumuladas requeridas para que ocurra la floración (modelo explicativo), en cada uno de los sitios estudiados, hasta el momento.

Para que se dé el 90% de la floración, en todos los sitios, menos en Pueblo Bello, se requiere en promedio por período, la misma cantidad de unidades térmicas acumuladas, pero en todos los períodos dichas unidades se acumulan, estadísticamente, en el mismo tiempo y no en todos los sitios ocurre igual cantidad de floraciones, por ejemplo, en

Marquetalia ocurren en promedio 25 floraciones por período, a diferencia de Naranjal y El Tambo donde ocurren entre 16 y 18 floraciones, mientras que en Pueblo Bello se registra el menor número de floraciones en promedio por período (ocho).

Al asociar descriptivamente, estos resultados con las características ambientales de los sitios hasta ahora estudiados, se tienen elementos de juicio para plantear la siguiente hipótesis de investigación: Una vez la planta tenga la energía necesaria para producir las flores, es la oferta ambiental la que incide en la concentración o no de la floración.

**Efecto del déficit hídrico en la producción potencial de los diferentes ecotopos.** Con el objetivo de caracterizar los ecotopos cafeteros por productividad, durante este período se ha estudiado cómo incluir en la estructura del modelo de simulación del cultivo del café, tanto para el nivel I (producción potencial) como para el nivel II (producción limitada por agua), el efecto de los árboles de sombrío en la producción del café, apoyados en la teoría del proceso de radiación y la cantidad de energía que llega a los árboles de sombrío y la que pasa al cultivo del café.

Con el uso del modelo de simulación, el análisis consistió en evaluar con el sombrío combinaciones de tres porcentajes de cobertura con tres porcentajes de albedo (asociados a diferentes tipos de sombríos, por ejemplo 10% para pino, 15% para guamo y 25% para eucalipto), tanto para el nivel I como para el nivel II, y cuantificar la reducción en la producción con sombrío con respecto a la producción a libre exposición. Los resultados de este análisis de sensibilidad mostraron lo siguiente:

Para el nivel I de producción o producción potencial en todas las localidades estudiadas, independiente del porcentaje de albedo, a mayor porcentaje de cobertura dado por el sombrío, menor producción. Por ejemplo, en general, para un 10% de albedo, con una cobertura del sombrío del 60%, se produce

aproximadamente un 33% menos que con una cobertura del sombrero del 20%. Para la misma cobertura, se observa que a mayor porcentaje de albedo menor producción, de tal manera que para un porcentaje de cobertura del sombrero del 40%, con un 25% de albedo, se produce aproximadamente un 10% menos que con un 10% de albedo.

Para el nivel II o producción corregida por agua, se observan las mismas tendencias descritas para el nivel I, es decir, para un mismo porcentaje de albedo, a mayor porcentaje de cobertura del sombrero menor producción y para un mismo valor de cobertura, a mayor porcentaje de albedo menor producción, siendo

más sensibles los cambios en producción por efecto del porcentaje de cobertura que por cambios en el porcentaje de albedo, en ambos casos (nivel I y nivel II).

Con un 20% de cobertura y un 10% de albedo, la reducción en la producción por efecto del sombrero es aproximadamente del 15%, y con un 25% de albedo es aproximadamente del 22%. Para un 40% de cobertura con un 25% de albedo, la reducción en la producción está entre un 33,2 y 39,8%, y para una cobertura del 60%, la reducción de la producción puede estar entre un 42,2 y un 51%, con porcentajes de albedo del 10 y 25%, respectivamente.

#### IV. INVESTIGACIÓN REGIONAL

Las investigaciones en los diferentes aspectos agronómicos y ecológicos del cultivo del café que se llevan a cabo regionalmente, permiten generar conocimientos y explorar la posibilidad de desarrollar nuevas herramientas que darán una visión global de la diversidad de los recursos de suelo y clima, y el comportamiento de los cultivos, para así tomar decisiones acertadas a nivel global y regional. Al establecer las relaciones entre el suelo, el clima, el relieve y la planta, será posible tener integraciones de estas características para las diferentes áreas cafeteras mediante sistemas de información geográfica, con los cuales se pueden utilizar regionalmente los resultados de la experimentación, los modelos de producción los sistemas de fertilización, entre otros. Todo esto contribuirá a una caficultura más productiva, eficiente y sostenible.

De igual importancia es la divulgación permanente de los conocimientos y tecnologías más avanzados, producto de la investigación

de las diferentes disciplinas de Cenicafé, en todas las actividades y procesos tanto experimentales como demostrativos, establecidos en las Subestaciones Experimentales Regionales, para que estas sirvan de modelos para transferir, educar y capacitar a los numerosos visitantes técnicos y cafeteros en las nuevas prácticas tecnológicas, de administración y manejo de sus cultivos y predios.

Para estos fines, Cenicafé pudo disponer hasta septiembre de 2004 de ocho estaciones experimentales, ubicadas en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cesar, Santander, Tolima, Quindío y Risaralda.

Se presentan a continuación los principales resultados de las actividades de investigación y transferencia en las subestaciones experimentales de Cenicafé y en fincas de agricultores en diferentes regiones de la zona cafetera, durante el período de octubre de 2003 a septiembre de 2004.

## Proyectos experimentales en las Subestaciones

**Áreas experimentales y otros usos de la tierra.** En la Tabla 33, se presenta el estado del uso de la tierra en las Subestaciones a septiembre de 2004. Los experimentos en café ocuparon 70,25ha, el café comercial 60,5ha, la producción de semilla 27,21ha, la experimentación en forestales 13,2ha y maíz 4,0ha. La ocupación de área por otros cultivos es: guadua 24,3ha, pastos 25,7ha, macadamia 8,8ha, cítricos 8,3ha, plátano 5,5ha, caucho 4,24 ha y bosques 90,8ha.

El área experimental aprovechable es alrededor de 68,4ha, estando disponibles 23,0ha en La Catalina, 14,0ha en Paraguaicito, 12,4ha en La Estación Central Naranjal, 7,5ha en Pueblo Bello, 4,9ha en El Tambo y menos de 2ha en El Líbano, El Rosario y Santander.

En fincas particulares se están empleando 8,5ha en la ejecución de varios experimentos en fertilización del café y en forestales, principalmente.

**Temas de investigación en las Subestaciones y su relación con las áreas claves.** En la Tabla 34, se hace una compilación de los tópicos de investigación que están desarrollándose a nivel regional en las subestaciones experimentales y su clasificación dentro de las áreas clave. Estos incluyen temas como: Registros climáticos, suelos, mejoramiento genético, producción de semilla, optimización de los sistemas de siembra del café, cultivos intercalados con café, sistemas de renovación de cafetales, cafés especiales, manejo integrado de arvenses, broca y enfermedades, mejoramiento de los procesos de cosecha, manejo de los subproductos del beneficio, lombricultura, costos de producción, sistemas agroforestales con café, sistemas agroforestales, ceba de ganado, macadamia, y últimamente, maíz, para un total de 268 diferentes actividades.

En la Tabla 35 se hace un resumen del número de investigaciones por áreas clave definidas por Cenicafe en su Plan Estratégico. Su distribución es la siguiente:

**Productividad agronómica:**

172 investigaciones

**Viabilidad económica:**

13 investigaciones

**Calidad y cafés especiales:**

23 investigaciones

**Sostenibilidad ambiental:**

9 investigaciones

**Conocimiento estratégico:**

30 investigaciones

**Divulgación y transferencia:**

9 actividades

**Sistemas de Producción complementarios:**

30 investigaciones

**Experimentos por Disciplinas y Programas.** La Tabla 36 muestra que a

septiembre de 2004 se tenía en las subestaciones un inventario de 301 experimentos, de los cuales, 186 son experimentos vigentes en café. Además, se han instalado 31 experimentos nuevos, 5 de ellos en la Estación Central Naranjal y 17 en La Subestación La Catalina. Se terminaron 42 experimentos, se eliminaron dos y se suspendieron tres. También se tuvieron 37 experimentos en actividades asociadas o complementarias al café y relacionadas con macadamia, forestales y ganadería.

La distribución de experimentos por Programas y Disciplinas (Tabla 37), permite observar que la mayor parte de experimentos que se desarrollan en las subestaciones corresponden a Mejoramiento Genético (42%), seguido por Suelos (11%) y Fitotecnia (12%). En la Estación Central Naranjal se desarrollan 114 experimentos, equivalentes al 46% de los experimentos vigentes. En la subestaciones Líbano y Pueblo Bello se encuentra el menor número de experimentos (3%).

Tabla 33. Distribución del área de las Subestaciones según el uso de la tierra, Oct 03- Sep 04.

SUBESTACIÓN	Café		Café Exptos Com.	Café Exptos Forestal	Plátano	Macaad.	Cítricos	Caucho	Maíz	Bosques	Pastos	Guadua	Conserv. aguas	Infracst.	Otros	Area		Fincas Partic.
	Exptos	Semilla														Total	Dispon.	
El Tambo	7,20			3,90											0,50	11,60	4,90	
Paraguacito	4,03	6,22		2,50	1,50	7,00	0,60	4,24	2,00	1,60	2,00	7,00	0,90	6,90	2,50	48,99	14,00	1,00
La Catalina	8,80	14,26			2,00	1,80	6,00		1,50	1,00		4,00		1,10	0,90	40,50	23,00	
Libano La Trinidad	1,54	6,22			0,26		0,03		0,48				3,44	0,72	1,93	18,00	1,74	3,20
Libano La Unión	2,27	2,10			0,03						1,00		0,21	0,01	0,03	6,00	1,42	0,38
Naranjal	36,80	14,60		1,30	1,00		1,00			5,00	2,20	10,00	12,40	6,00			12,40	0,70
El Rosario	2,46	3,42		1,47	0,12		0,20				5,86	0,39	5,00	2,26	0,08	21,26	1,50	0,33
Santander	1,55	2,97		2,50						7,20	2,98	0,10	1,00	1,10	7,46	28,94	1,90	2,91
Pueblo Bello	5,60	20,00		3,00	0,60		0,50			76,00	11,61	2,80	8,00	1,70	12,19	142,00	7,50	
<b>TOTAL</b>	<b>70,25</b>	<b>27,21</b>		<b>13,20</b>	<b>5,51</b>	<b>8,80</b>	<b>8,33</b>	<b>4,24</b>	<b>3,98</b>	<b>90,80</b>	<b>25,65</b>	<b>24,29</b>	<b>30,95</b>	<b>19,79</b>	<b>25,58</b>	<b>317,29</b>	<b>68,36</b>	<b>8,52</b>

Tabla 34.

Temas y áreas claves que comprenden las investigaciones que se desarrollan en las Subestaciones Oct 03- Sep 04.

TEMAS DE INVESTIGACION REGIONALES	CAUCAQUINDIO		RISARALDA		TOLIMACALDAS		ANTIOQUIA		SANTANDER		CESAR		AREAS CLAVE						
	El Tambo	Paraguacito	La Catalina	Libano	Naranjal	El Rosario	Santander	Pueblo Bello	PA	VE	CC	SO	CO	DI	SP				
CLIMA																			
Registros climáticos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
SUELOS																			
Disponibilidad de nutrientes en la fase líquida del suelo, en suelos cultivados con café					1														
Disponibilidad del azufre en el suelo y su relación con la fertilización	1	1							1										
Prácticas de conservación de suelos a nivel de finca cafetera	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
MEJORAMIENTO GENETICO DEL CAFETO																			
Banco de germoplasma																			
Selección por resistencia completa a la roya	1																		
Selección por resistencia incompleta a la roya	1																		
Selección por fuentes distintas de resistencia a la roya																			
Selección por posible resistencia a CBD																			
Evaluación regional progenies de ctx:Ht: altamente productivas	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Evaluación mezclas de progenies con resistencia incompleta con y sin control de roya	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Selección de progenies para variedades compuestas con resistencia durable a roya																			
Caracterización genotípica en calidad de taza de varios componentes porte alto																			

Continúa...



Continuación Tabla 35

TEMAS DE INVESTIGACION REGIONALES	CAUCA	RISARAL	TOLIMA	SANTAN	CESAR	TOTAL	AREAS CLAVE								
	El Tambo	Paraguaito	La Catalina	Libano	Naranjal	El Rosario	Santander	Pueblo Bello	PA	VE	CC	SO	CO	DI	SP
Efecto de fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café.		1		1											
Fertilización del café con Nitrogeno y Potasio en la etapa de crecimiento reproductivo	1		1	1		1									
Efecto de fertilizantes químicos biológicos.															X
Niveles críticos de los nutrimentos para el cultivo del café	1			3		2		1							
<b>MANEJO DE LA BROCA</b>															
Vuelo de adultos de broca en cafetales monitoreado con trampas de alcohol		1		1											X
<b>MANEJO DE ENFERMEDADES</b>															
Evaluación de metales con resistencia a <i>Ceratocystis fimbriata</i>		1				1									X
Incidencia y efecto de la crespeta en siembras y zocas de café.					1										X
Diferenciales de razas de roya					1										X
Identificación de razas fisiológicas de roya presentes en Ht. y sus derivados		1													X
<b>MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE COSECHA</b>															
Pruebas de recolección mecanizada	3		3												X
Estudio de sistemas no selectivos para la recolección manual de café			1												X
Cosecha mecánica, con y sin uso de madurantes			1												X
Estudio de sistemas operativos de cosecha de café					1										X
Estudio de sistemas no selectivos de recolección de café			1												X
<b>SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFE</b>															
Respuesta a la fertilización bajo diferentes intensidades de sombra															
Evaluación <i>Eucaliptus</i> , <i>Pinus</i> e <i>Inga</i> como sombríos para café	1														X
Evaluación <i>Eucaliptus</i> , <i>Pinus</i> y <i>Cordia</i> como sombríos para café															X
Producción de café bajo sombrero de cinco especies de leguminosas															X
Parcela demostrativa V/Colombia en tres densidades y bajo sombra															
<b>COSTOS DE PRODUCCION</b>															
Costos de producción de café en tres arreglos espaciales															X
Análisis económico de tres métodos de control de arvenses y su efecto en la producción															X
<b>SISTEMAS AGROFORESTALES</b>															
Conservación recursos genéticos															X
Silvicultura de especies forestales tropicales de alto valor para la reforestación industrial															X
Procedencias y progenies <i>Tabebuia rosea</i> y <i>Cordia alliodora</i>	1														X

Continúa...

Continúa

Continuación

TEMAS DE INVESTIGACION REGIONALES	CAUCA QUINDIO		RISARAL		TOLIMA CALDAS		ANTIOQUIA		CESAR		AREAS CLAVE			
	El Tambo	Paraguaito	La Catalina	Líbano	Nariñal	El Rosario	Santander	Pueblo Bello	PA G	VE C	CC E	CO E	DI T	SPC
Evaluación de clones de nogal	1	1												X
<b>OTRAS ACTIVIDADES</b>														
Lombricultivo	1		1	1	1		1	1				X		
Líneas Progenitores de (Tropical x Subtropical) Bco / Probadores				2										X
Topcross Líneas Tropical X Subtropical Bco / Probadores				6										X
Prueba de Eficiencia Híbridos de maíz Zona Cafetera		2		2										X
Adaptación de cruzaes simples subtropicales por tropical es de maíces blancos y amarillos	1	1	7											X
Incremento de progenitores híbridos de maíz blanco		1												X
Pruebas de validación de futuros híbridos blancos		1												X
Evaluación agrónomica de germoplasma de macadamia sp. En zona cafetera		1	1											X
Jardín clonal macadamia, "Macadamia huerto año 69" y "Macadamia 2A y 2B"		1												X
Apicultura				1										X
Ganado de ceba							1							X
<b>DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA</b>														
Atención visitas agricultores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<b>TOTAL</b>	26	23	34	42	115	16	15	15	286	172	13	23	9	30

Tabla 35.  
Número de investigaciones por áreas clave \*Subestaciones Experimentales, Oct 03- sep 04.

SUBESTACIÓN	AREAS CLAVE (N° Investigaciones)							
	Productividad Agronómica	Viabilidad Económica	Calidad y Cafés Especiales	Sostenibilidad Ambiental	Conocimiento Estratégico	Divulgación y Transferencia	Sistemas de Producción Complementarios	
El Tambo	15	3	3	1	2	1	1	
Paraguaicito	10		2	1	2	1	8	
La Catalina	15	6	2	1		1	8	
Líbano	25		2	1		1	12	
Naranjal	78	4	7	2	25	1		
El Rosario	9		2	1		1		
Santander	9		2	1	1	1	1	
Pueblo Bello	11		3	1		2		
<b>TOTAL</b>	<b>172</b>	<b>13</b>	<b>23</b>	<b>9</b>	<b>30</b>	<b>9</b>	<b>30</b>	

Tabla 36.  
Actividad investigativa en las Subestaciones Experimentales de Cenicafé, Oct 03-sep 04.

SUBESTACIÓN	NUMERO DE EXPERIMENTOS EN CAFE							Maíz	Macadamia	Forestales	Otros	TOTAL
	Terminados	Suspendidos	Eliminados	Vigentes	Nuevos							
El Tambo	3	3		11	2	4			1	1	1	25
Paraguaicito	9			18	3	3	2		1	1	1	37
La Catalina	7			9	17	7	1		1		1	42
Líbano Trinidad	12			6	1	10			1			30
Líbano Unión	1			5								6
Naranjal	3		2	109	5				1			120
El Rosario	2			10	1							13
Santander	1			10					1			12
Pueblo Bello	4			8	2				1	1	1	16
<b>TOTAL</b>	<b>42</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>186</b>	<b>31</b>	<b>24</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>301</b>	



Tabla 37.

Número experimentos vigentes en las subestaciones Experimentales por Programas y Disciplinas, septiembre de 2004.

LOCALIDAD	AGRONOMIA		BIOLOGÍA				POSCOS	ETIA	APOYOS B.			CONVENIOS	EXP		FINCAS			TOTAL EXPTOS
	FIT	SUE	ENT	FIS	MEC	PAT	ING	ETI	ACL	BIO	ECO		SUB	SUE	FIT	ETI	OTRO	
El Tambo	7	4			4		4	1	1					4	1	1	1	28
Paraguacito	1	1	1		6	1		3	1			3		4				21
La Catalina	4	3	1		5	1	3	1	1			7						26
Líbano	3	6			4	1				1		10				1		26
Naranjal	8	7	1	1	82	2	1	2	1	1	3	1	3	1				114
El Rosario	1	5	1		2	1			1					1	1			13
Santander	2	4			2	1		1	1				11		2			24
Pueblo Bello	2	1			3			1	1									8
Subtotal	28	31	4	1	108	7	8	9	8	1	3	21	11	12	5	2	1	260
TOTAL	59		120				8	9	12			21	20			260		

**Experimentos en fincas particulares.** En fincas particulares y con apoyo de las Subestaciones del Programa de Experimentación se tienen actualmente 24 lotes experimentales, 15 de ellos de la Disciplina de Suelos y seis de Fitotecnia (Tabla 38).

#### Producción de semilla de café

**Producción de semilla de variedad Colombia.** En la Tabla 39, se registra la población actual de plantas disponibles en las Subestaciones para la multiplicación de semilla. Se tiene un parque productivo alrededor de 219.372 plantas, de las cuales 94.870 (43%) se encuentran en la Estación Central Naranjal, 51.454 (23,5%) en el Líbano, 30.300 (13,8%) en Santander y 29.727 (13,6%) en El Rosario.

En la Tabla 40 se puede observar la producción de semilla en las subestaciones. En total, se produjeron durante el período 30.456,5kg de variedad Colombia y en bodega se tenían

9.878kg, los cuales se entregaron en su totalidad a los caficultores (40.334,5kg).

**Producción de semilla de la variedad Tabi.** En el presente año cafetero se produjeron 1.150kg, y se entregaron 1.896kg a los caficultores. Se calcula para el 2005 una producción de Tabi de 2.300kg, que permitirá la siembra de un número igual de hectáreas.

**Distribución de semilla.** En las Tablas 41 y 42 se discrimina por Comités de Cafeteros, la entrega de semilla en el lapso octubre de 2003-septiembre de 2004. Se entregaron 42.230,5kg de variedad Colombia y 1.896kg de Tabi. Antioquia, Valle, Caldas, Tolima y Cundinamarca fueron los mayores consumidores de variedad Colombia, mientras que Cundinamarca, Norte de Santander y Cesar - Guajira lo fueron de Tabi.

En la Tabla 43 se hace un comparativo de la demanda de semilla variedad Colombia para los años cafeteros 2001, 2002, 2003 y 2004. Se observa con relación al año anterior, un incremento importante de la demanda en cerca de 10.214kg.

Tabla 38.  
Tópicos de investigación que se desarrollan en fincas particulares. Oct.03- sep.04.-

TEMAS DE INVESTIGACION REGIONALES	CAUCA El Tambo Paraguaicito	QUINDIO Paraguaicito	RISARALDA La Catalina	TOLIMA Líbano	CALDAS Naranjal	ANTIOQUIA El Rosario	SANTANDER Santander	CESAR Pueblo Bello	TOTAL
Disponibilidad del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilización		1			1	1			3
<b>SISTEMAS DE RENOVACION DE CAFETALES</b>				1					1
Comparación de cinco sistemas de manejo por renovación				1			1		1
<b>CAFES ESPECIALES</b>									1
Producción de café, vía orgánica									1
<b>NUTRICION DEL CAFETO (Edáfica)</b>									7
Niveles críticos de los nutrimentos para el cultivo del café	4	1		2					1
Efecto del fertilizante CEN sobre la producción de café		1							2
Comparación de varias fuentes de fertilizantes en la producción y calidad del café.		1			1				1
Efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad del café.					1				1
<b>NUTRICION DEL CAFETO (Foliar)</b>									1
Efecto del fertilizante CEN sobre la producción del café.						1			1
Efecto de cuatro fertilizantes foliares sobre la productividad del caféto						1			1
<b>MANEJO DE ENFERMEDADES</b>									1
Incidencia y efecto de la cresperea en siembras y zocas de café					1				1
<b>SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ</b>									1
Evaluación Eucaliptus, Pinus e Inga como sombríos para café	1								1
<b>SISTEMAS AGROFORESTALES</b>				1					1
Silvicultura de especies forestales				1					1
Procedencias y progemies <i>Tabebuia rosea</i> y <i>Cordia alliodora</i>				2					2
<b>MANEJO DE LA BROCA</b>									1
Las mariposas diturnas indicadores biológicos en el cultivo del café									1
<b>TOTAL</b>	5	4	0	6	4	4	1	0	24

Tabla 39.

Composición campos de producción semilla de café variedad Colombia, septiembre 2004.

PARQUE PRODUCTIVO VARIEDAD COLOMBIA						
Subestaciones Experimentales	Estado vegetativo y año de intervención	Area semilla (ha)	% Area semilla	Total Plantas 2004	Total Plantas en producción 2004	
ROSARIO	SIEMBRA 98-2	2,6	16	8.366	8.366	
	SIEMBRA 99-2			5.057	5.057	
	SIEMBRA 01-2			6.061	6.061	
	ZOCA 03-1			5.775	5.775	
	ZOCA 04-1			4.768	0	
	COL ORGÁNICO 03-1			1.864	1.864	
<b>Subtotal</b>		<b>2,6</b>	<b>16</b>	<b>31.891</b>	<b>27.123</b>	
LIBANO	SIEMBRA 99-1	6	17	15.274	0	
	SIEMBRA 99-2			36.090	29.788	
<b>Subtotal</b>		<b>6</b>	<b>17</b>	<b>51.364</b>	<b>29.788</b>	
SANTANDER	SIEMBRA 97-1	3,03	8,6	18.500	13.900	
	SIEMBRA 99-1			7.000	7.000	
	SIEMBRA 99-2			4.700	4.700	
<b>Subtotal</b>		<b>3,03</b>	<b>8,6</b>	<b>30.200</b>	<b>25.600</b>	
NARANJAL	SIEMBRA 99-2	14,6	52,8	24.295	24.295	
	SIEMBRA 00-2			11.658	11.658	
	SIEMBRA 01-2			58.917	58.917	
	COL ORGÁNICO 03-11	1,2		4.476	4.476	
<b>Subtotal</b>		<b>15,8</b>	<b>52,8</b>	<b>94.870</b>	<b>94.870</b>	
<b>TOTAL</b>		<b>27,43</b>	<b>94,4</b>	<b>250.414</b>	<b>219.372</b>	

Tabla 40.

Producción de semilla durante el periodo octubre 2003 - septiembre 2004

SUBESTACIÓN	VARIEDAD COLOMBIA		VARIEDAD TABI	
	kg		kg	
Rosario	5.145,0			
Libano	10.728,0			
Santander	5.666,0		1.150	
Naranjal	8.917,5			
Existencia Bodega	9.878,0			
<b>TOTAL</b>	<b>40.334,5</b>		<b>1.150</b>	

Tabla 41.  
Distribución de semilla de variedad Colombia a los Comités de cafeteros. Oct. 03- sept. 04.

COMITÉ - OTROS	2003					2004					TOTAL		
	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL		AGO	SEP
Antioquia	344,0	3354,0			2.876,0	2.001,0	179,0	817,0		741,0	67,0	270,0	10.649,0
Boyacá				40,0									40,0
Caldas		300,0	307,5		300,0	300,0	600,0	300,0	600,0	1200,0		480,0	4.387,5
Cauca					1.200,0			1.201,5					2.401,5
Cesar - Guajira		460,5											460,5
Cooperativa de Caf. Támara Ltda.													0,0
Cundinamarca		1.234,5			982,5			606,0	330,0		150,0	120,0	3.423,0
Huila		339,0				330,0		246,0		696,0			1.611,0
Magdalena											18,0		18,0
Nariño			112,5										112,5
Norte Santander					900,0	900,0							1.800,0
Quindío	180,0		150,0		250,5	201,0		250,5	723,0		150,0	360,0	2.265,0
Risaralda	30,0	165,0		150,0	120,0	180,0	60,0	120,0	150,0	240,0	120,0		1.455,0
Santander	245,0	140,0		210,0		500,0		60,0					1.155,0
Tolima		255,0			717,0			654,0	465,0	1377,0	357,0	156,0	3.981,0
Valle	600,0				2.001,0		840,0	660,0	360,0		426,0	714,0	5.601,0
Oficina enlace			100,5			130,5							231,0
Otros	7,5	40,5	3,0	4,5	9,0	1,5	24,0	6,0	515,5	102,0	10,5	19,5	743,5
<b>TOTAL</b>	<b>1.406,5</b>	<b>6.288,5</b>	<b>673,5</b>	<b>404,5</b>	<b>9.356,0</b>	<b>4.544,0</b>	<b>1.703,0</b>	<b>4.921,0</b>	<b>3.143,5</b>	<b>4.356,0</b>	<b>1.298,5</b>	<b>2.239,5</b>	<b>40.334,5</b>



Tabla 43.

Comparativo de distribución de semilla Octubre - Septiembre 2000 - 2004

TIPO DE SEMILLA	OCT 2000 - SEP 2001	OCT 2001 - SEP 2002	OCT 2002 - SEP 2003	OCT 2003 - SEP 2004
Variedad Colombia	37.693,5	27.828,0	30.374,5	40.334,5
Variedad Tabi	1.588,5	990,5	1.642,0	1.896,0
<b>TOTAL</b>	<b>39.282,0</b>	<b>28.818,5</b>	<b>32.016,5</b>	<b>42.230,5</b>

### Investigación en maíz - convenio Fenalce-Cimmyt-FNC.

Se destaca el incremento en la investigación en maíz como apoyo al convenio marco de cooperación técnica y científica suscrito entre FENALCE, la FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS y el CYMMYT. En el período del informe se han venido realizando ensayos de adaptación de maíces híbridos y sintéticos, y de cruzamientos simples de subtropicales por tropicales de maíces blancos y amarillos. Estas investigaciones se adelantan en El Tambo, Paraguaicito, La Catalina, Líbano, Naranjal y El Rosario. También se vienen realizando ensayos de ajuste tecnológico, especialmente en fertilización y manejo de enfermedades, en El Tambo, La Catalina, Naranjal y Paraguaicito.

En la investigación de nuevas variedades e híbridos de maíz del convenio Fenalce - Cimmyt-FNC, lo más destacable es la aprobación por parte del ICA de dos híbridos

blancos para su siembra comercial en la zona cafetera. Estos materiales tienen un potencial productivo de 10 toneladas por hectárea.

### Transferencia de Resultados

Una de las actividades más importantes de las subestaciones es servir como centros regionales para la difusión de los resultados obtenidos en los experimentos que se desarrollan en cada una y mediante la capacitación a un numeroso grupo de visitantes vinculados con la caficultura o el sector agrícola en general.

Durante el período del informe se atendieron un total de 6.984 visitantes, de los cuales el mayor número se atendió en las subestaciones de El Rosario, Naranjal, Líbano y El Tambo (Tabla 44). Se destaca el día de campo sobre los avances en la investigación de maíz realizado en la subestación Paraguaicito, en febrero 5 de 2004.

Tabla 44.

Actividades regionales de difusión de los resultados de las investigaciones. Oct 03 - sep 04.

Subestación	Estudiantes	Docentes	Agricultores	Técnicos	Comité	Otros	Total	Giras	Personal Cenicafé	Día campo	Exposiciones	Cursos
El Tambo	154	71	764	37		263	1.289	37		1		
Paraguaicito	313	10	37	222		19	601	17	51	1		
La Catalina	173	4	175	43	25		420	18	52			
Líbano	92	85	280	31	34	600	1.122	7	11	1	3	10
Naranjal	425		472	18		102	1.017					
El Rosario	268	65	554	42	35		964	28				
Santander	336	18	197	27	16	13	607	18	4	1		
Pueblo Bello	176	302	378	82	22	4	964	7	8			
<b>TOTAL</b>	<b>1.937</b>	<b>555</b>	<b>2.857</b>	<b>502</b>	<b>132</b>	<b>1.001</b>	<b>6.984</b>	<b>132</b>	<b>126</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>10</b>

## V. MICORRIZAS Y BIOCONTROLADORES

**Micorrizas arbusculares en los cultivos de heliconias, frutales, hortalizas y forestales de la zona cafetera central de Colombia.** Doscientas treinta y cinco muestras colectadas de la rizosfera de 15 cultivos sembrados en 58 fincas pertenecientes a los Departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Valle del Cauca y Tolima, mostraron la presencia de especies nativas de Micorrizas Arbusculares (MA) en la mayoría de los sitios muestreados, y la asociación de estos organismos con las raíces de los hospedantes evaluados. El 27,5% de los muestreos realizados se efectuaron en el departamento de Caldas, el 15,5% en Quindío, el 19,0% en Risaralda, el 12,0% en el Valle del Cauca y el 25,9% en el Tolima. De los 16 hospedantes propuestos para realizar los muestreos se evaluaron 15 (93,8%), faltando el muestreo en la especie forestal caoba. Los cultivos evaluados fueron: espárrago, tomate, maíz, pimentón, granadilla, maracuyá, curuba, lulo La Selva, lulo Castilla, guayaba, arboloco, cedro rosado, guayacán amarillo, guayacán rosado y heliconias. El cultivo donde se realizaron un mayor número de muestreos fue en heliconias con 102 muestras (43,40%) y el más bajo fue en lulo de Castilla, con una sola muestra (0,4%). En Caldas, el hospedante de mayor número de esporas por gramo de suelo fue el espárrago (58) y el de menor fueron el maracuyá y la granadilla (cero). En cuanto a la colonización de las raíces, los mayores niveles de colonización se obtuvieron en cedro rosado (96%) y guayacán rosado (93%). En Risaralda el mayor número de esporas y de colonización se obtuvo en granadilla con 58 esporas/g de suelo y 99% de colonización radical.

En el Quindío se presentaron los valores más bajos de esporas en la rizosfera de las plantas, con un valor máximo de 7 esporas/g de suelo en maíz y un 91% de colonización radical. En el Valle del Cauca los valores más altos de esporas se obtuvieron de muestras colectadas

en cultivos de heliconias Jaquini y Longlover con 11 y 12 esporas, respectivamente. En maíz y en la heliconia Caribeña Vulcano se presentaron los valores más bajos de colonización, con niveles de 28% y 32%, respectivamente. En el departamento del Tolima, la granadilla mostró los valores más altos en la cantidad de esporas nativas con valores de 64 y 94, respectivamente. En maíz y granadilla se presentaron los niveles de colonización más altos (82% y 100%).

Una alta diversidad de esporas se observó en los muestreos realizados, y aunque las identificaciones son parciales, no se apreciaron esporas pertenecientes a los géneros *Scutellospora* spp y *Gigaspora* spp. Las esporas de mayor predominancia pertenecieron a los géneros *Acaulospora* spp y *Glomus* spp. En menor proporción se observaron esporas de los géneros *Entrophospora* spp y *Sclerocystis* spp. La especie de mayor predominancia en los muestreos realizados fue *Acaulospora mellea*, observada en heliconias, maíz, lulo de Castilla, arboloco, espárrago, guayaba y maracuyá. *Acaulospora morrowiae* se determinó asociada a la rizosfera de la heliconia Ortotriche Negra (Figura 15). *Acaulospora scrobiculata* en granadilla y lulo de Castilla. *Acaulospora denticulata* en lulo de Castilla, espárrago y la heliconia Ortotriche. *Glomus fasciculatum* en las heliconias Niquerence, Caribeña Kawachi y Sharoni (Figura 16). *Entrophospora colombiana* se observó en la rizosfera de espárrago y *Entrophospora schenkii* en guayacán amarillo. Novecientos cuarenta cultivos trampa se tienen en crecimiento en una casa de mallas buscando incrementar la producción de las diferentes esporas nativas de Micorrizas Arbusculares. En algunos hospedantes, como heliconias, granadilla y lulo de Castilla se presentaron altas poblaciones de nematodos fitopatógenos, tanto del grupo de los endoparásitos sedentarios como migratorios.

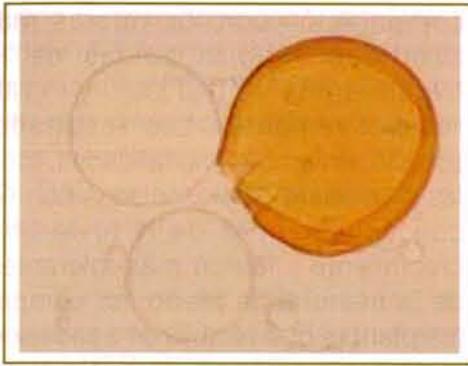


Figura 15. Espora nativa de *Acaulospora* spp aislada de *Heliconias* *Ortotriche* y *Bucky*

Figura 16. Cultivos de *Heliconias* de donde se aislaron esporas nativas de Micorrizas Arbusculares



**Efecto de las Micorrizas sobre Nematodos Fitopatógenos.** En relación con los resultados del efecto de las Micorrizas Arbusculares (MA) sobre el complejo *Meloidogyne incognita* y *javanica*, se demostró la opción de utilizar estos hongos desde la etapa del germinador con el fin de inducir en la planta una tolerancia al ataque de estos nematodos, y de este modo presentar menores índices de agallamiento. Las plantas de café en estas condiciones, presentan un desarrollo radical que mengua el efecto del nematodo, limitándolo en su capacidad de ocupar partes de la raíz. En relación con la población del nematodo en las raíces (Figura 17), se encontró que en la planta no asociada con las MA la población del nematodo se disminuye sustancialmente por el consumo y deterioro de las raíces lo cual origina carencia de alimento para su reproducción. En las raíces asociadas con estos hongos benéficos, a pesar de ser baja la presencia de nódulos, el nematodo dispone de mayores opciones para su alimentación y reproducción y por tanto, a veces estos valores son aparentemente contradictorios.

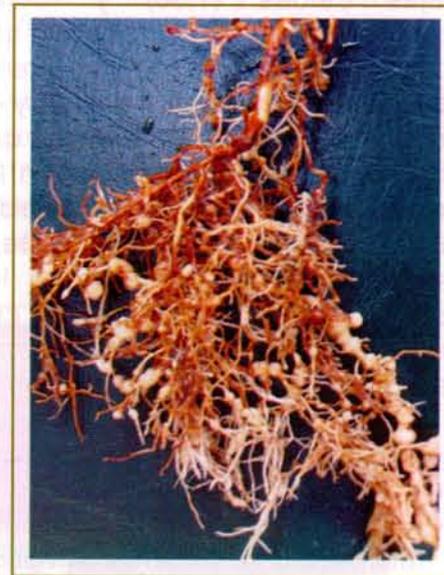


Figura 17. Nudosidades en raíces de plantas de café de la variedad *Caturra* afectadas por nematodos.

**Efecto de *Glomus manihotis* y *G. fasciculatum* en la nutrición de plantas de café y su relación con la mancha de hierro (*Cercospora coffeicola* Berk y Cooke).** En un sustrato estéril (Turba-Lapilli)

se sembraron e inocularon con *G. manihotis* chapolas de café de la Línea CX 2720, componente de la variedad Colombia. Se evaluó el efecto de N ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), P ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) y K



( $K_2SO_4$ ), con y sin micronutrientes, en el crecimiento de las plantas. Después de 60 días de estar recibiendo la aplicación de los macro y micronutrientes, se inocularon cuatro hojas por aspersión con  $15.000 \text{ conidios.mL}^{-1}$  de *C. coffeicola* (MH). En la modalidad sin micronutrientes, antes y después de inocular el patógeno, se presentaron diferencias estadísticas en las variables peso seco de raíz (0,22g y 1,06g, respectivamente) y peso seco aéreo (0,96g y 4,95g, respectivamente) entre los tratamientos que recibieron la aplicación de N (en cualquier dosis) con los demás tratamientos, los cuales presentaron valores promedio más bajos (0,10g y 0,60g para la variable peso seco de raíz; y 0,39g y 0,61g para la variable peso seco aéreo, respectivamente). En la variable colonización antes y después de inocular el patógeno no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos (60% y 70%, respectivamente). Los tratamientos que recibieron la aplicación de K presentaron mayores valores de severidad de la MH (20,16%) y de hojas caídas (1,56) y fueron estadísticamente diferentes a los que recibieron aplicaciones de P que presentaron menores valores de severidad (10,03%) y de hojas caídas (1,03). Los tratamientos que recibieron la aplicación de N presentaron los menores valores de severidad y de hojas caídas con 0,50% y 0,05 hojas, respectivamente, y fueron estadísticamente diferentes a los anteriores. En la modalidad con micronutrientes también ocurrieron diferencias estadísticas entre los tratamientos que recibieron la aplicación de N (antes y después de inocular el patógeno), con valores promedio de 0,19g y 1,04g para peso seco de raíz y 0,86g y 5,32g para peso seco aéreo. En los demás tratamientos se presentaron valores promedio de 0,11g y 0,45g para peso seco de raíz y 0,37g y 0,68g para peso aéreo. La colonización promedio en todos los tratamientos estuvo entre 31% y 79%, con diferencias estadísticas entre tratamientos para las dosis baja de N que tuvo un promedio de 75%. Así mismo, los tratamientos que recibieron la aplicación de N presentaron menores valores de severidad (0,36%) y menor número de hojas caídas (0,01 hojas) en

comparación con los valores más altos de severidad y hojas caídas de los demás tratamientos (14,13% y 1,02 hojas, respectivamente). Los resultados de este estudio, en ambas modalidades, mostraron que las plantas de café asociadas con *G. manihotis* con aplicaciones de N tuvieron un mayor crecimiento y fueron más tolerantes al ataque de la mancha de hierro, en comparación con las plantas que recibieron aplicaciones con los otros dos macroelementos. No hubo influencia de los microelementos en el desarrollo de la enfermedad (MH).

**Influencia de *Glomus manihotis* y *Glomus fistulosum* sobre plantas de café sembradas en dos suelos con características diferentes.** Se estudió el efecto de *Glomus manihotis* y *G. fistulosum* sobre plantas de café de la variedad Caturra y su interacción con un suelo de la unidad Chinchiná (Melanudands, materia orgánica >12%, >12ppm de fósforo y densidad aparente 0,7g/ml) y un suelo de la unidad Guamal (Typic Eutropepts, materia orgánica <3%, 2ppm de fósforo y densidad aparente 1,2g/ml), ambos en condiciones esterilizado y sin esterilizar. La mitad de las plantas fueron fertilizadas con fosfato diamónico (DAP) aplicado semanalmente a partir de los dos meses hasta el final del experimento. Las variables evaluadas fueron peso seco de raíz (PSR), peso seco aéreo (PSA), área foliar (AF), colonización radical, contenido foliar de N, P, K, Ca y Mg, contenido de proteína total (Pt) y clorofila total (Cl) en hojas.

La disposición de los tratamientos en la casa de mallas, se realizó mediante un diseño completamente aleatorio, en arreglo factorial  $2 \times 3$  (dos unidades de suelo x tres tipos de inóculo de MA). Las plantas sembradas en el suelo de la unidad Chinchiná, esterilizado y sin esterilizar, presentaron los mayores valores promedio en PSR, PSA, AF y Cl (1,13g, 2,17g,  $207,49\text{cm}^2$  y  $2,4\text{mg/gpf}$ , respectivamente) comparadas con las de la unidad Guamal (0,328g, 0,836g,  $84,65\text{cm}^2$  y  $1,8\text{mg/gpf}$ , respectivamente). En la condición Chinchiná esterilizado, las plantas

inoculadas con *G. manihotis* con y sin DAP y el testigo con DAP fueron estadísticamente iguales en las variables PSR, PSA, AF y CI. Estas plantas mostraron diferencias estadísticas con respecto a las inoculadas con *G. fistulosum* y al testigo sin DAP; entre estos tratamientos no hubo diferencias estadísticas.

En el suelo Chinchiná no esterilizado, las plantas inoculadas con *G. manihotis* superaron en las variables PSR, PSA y AF a las plantas con *G. fistulosum* y a las no inoculadas y estos dos últimos tratamientos no presentaron diferencias estadísticas entre sí. El contenido de clorofila fue similar en las plantas del suelo Chinchiná no esterilizado excepto en el testigo con DAP (3,13mg/gpf) que fue mayor que en los demás tratamientos (2,11-2,27mg/gpf). En el suelo Guamal esterilizado, las plantas inoculadas con *G. manihotis* con adición de DAP mostraron los valores más altos en las variables evaluadas y fueron estadísticamente diferentes a los demás tratamientos en ésta condición. En estos tratamientos, no influyó la otra especie de MA ni la adición de DAP y fueron estadísticamente iguales en PSR, PSA, AF y CI. Resultado similar se encontró en el suelo Guamal sin esterilizar, donde las variables evaluadas en las plantas testigo fueron estadísticamente iguales a las inoculadas con *G. manihotis* cuando ambas fueron fertilizadas

con DAP. En el suelo Guamal se presentó la mayor colonización al inicio del experimento (esterilizado 18,32%; no esterilizado 35,23%), en comparación con el suelo Chinchiná (esterilizado 12,97%; no esterilizado 30,37%). Al final del experimento los porcentajes fueron estadísticamente iguales (25% esterilizado; 48% no esterilizado). La mayor colonización en las raíces de café se tuvo con *G. manihotis* (47%) (Figura 18). Con *G. fistulosum* el valor promedio fue 40%.

Los contenidos foliares de N, K, Ca, Mg, Fe, Zn y Cu no presentaron un comportamiento consistente entre los diferentes tratamientos. El contenido foliar de P mostró tendencias a favor de las plantas inoculadas con *G. manihotis* en el suelo Chinchiná esterilizado y en el suelo Guamal, en las dos condiciones evaluadas. *G. manihotis* promovió la mayor acumulación de Mn, en ambos suelos, en todas las condiciones evaluadas. El contenido de proteína sólo presentó diferencias entre las plantas fertilizadas y no fertilizadas (con DAP 51,032mg/gpf; sin DAP 38,007). No hubo diferencias por éste concepto entre tipos de suelo ni entre las MA utilizadas en el experimento. En éste estudio hubo interacción entre las especies nativas de los géneros *Acaulospora* spp y *Entrophospora* spp con las especies introducidas de MA.

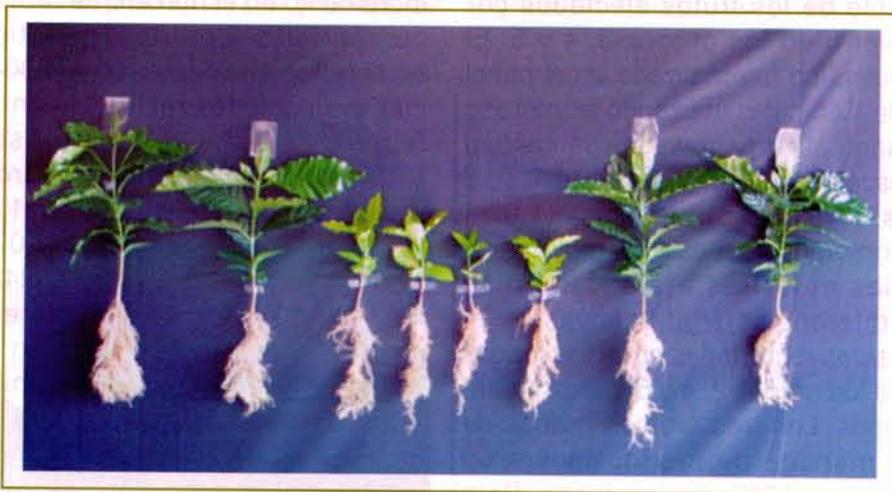


Figura 18. Plantas de café de la Línea CX2720 asociadas con *G. manihotis* con aplicaciones de N, P y K, 120 días después de inocular la MA y 9 semanas después de inocular *C. coffeicola*. Las dos primeras muestran el efecto de las aplicaciones con N, las 4 intermedias con P y K y las últimas con los 3 elementos.

## VI. MANEJO DE ENFERMEDADES

### Mancha de Hierro

**Efecto de la mancha de hierro en el fruto (*Cercospora coffeicola* Berk. y Cooke.) sobre la calidad física y sensorial del café.** Para evaluar el efecto de la mancha de hierro del fruto (*C. coffeicola*) sobre la calidad física del grano y la calidad sensorial de la bebida, se recolectaron muestras de 2,5 kg de café cereza en un lote comercial de variedad Colombia, durante la cosecha principal de 2002, en el municipio de Palestina (Caldas). Se seleccionaron muestras para cada grado de ataque de la enfermedad, desde 0 (fruto sano) hasta 5 (fruto con más del 75% de necrosis), según la escala de Fernández *et al.* (1966), y se beneficiaron vía húmeda por el método tradicional. Posteriormente, se realizaron los análisis físicos del café pergamino seco y del café almendra, y se clasificaron y pesaron las pasillas y los defectos de acuerdo con normas de calidad de FNC. Las muestras de café para la prueba de catación, se prepararon siguiendo las técnicas de Cenicafé para este tipo de análisis. Se evaluaron 15 tazas por muestra, tanto para cada grado individual como para las mezclas de café sano con 5 y 10% en peso, de café proveniente de los frutos afectados por mancha de hierro en los grados 3, 4 y 5. El análisis organoléptico fue realizado en el panel de catación de Cenicafé, utilizando el método descriptivo cuantitativo para valorar la calidad y usando la escala de 9 puntos, donde 1, 2, 3 califican a los defectos no aceptables (1 total rechazo) y 9 corresponde al café de muy buena calidad. De las muestras evaluadas no se presentaron diferencias significativas en el porcentaje de tazas rechazadas entre los grados 0, 1 y 2, y entre los grados 3, 4 y 5, pero sí entre estos dos grupos. Los tres últimos grados de ataque de la mancha de hierro, generaron rechazos del 75 al 100% de las tazas. Para mezclas con 5 y 10% de café de grado 3 se rechazaron entre el 42 y el 58% de las tazas, para el grado 4 entre el 50 y el 100%, y para el

grado 5 entre el 92 y el 100%. Los defectos predominantes en sabor fueron: fenólico, astringente, fermento, verde y sucio. Además, se observaron diferencias significativas en la calidad física del café almendra para los grados 3, 4 y 5. Por tanto, los frutos afectados por la mancha de hierro en estos niveles deterioran considerablemente la calidad física y sensorial del café.

### Roya del cafeto

**Incidencia de roya en materiales de café sembrados en Subestaciones de Experimentación.** En la subestación Paraguaicito la incidencia de la roya del cafeto en los materiales sembrados empezó a detectarse en el año 2002, en diez de los materiales (12,8%), siendo estos CU 0213, CU 0468, CU 0589, CU 0590, CU 874, CU 970, CU 1147, CU 912, DH 0761 y CU 0864. Posteriormente, se realizaron evaluaciones de la incidencia de la roya en los meses de abril, julio y octubre de 2003, donde se observó que 46 de los 78 materiales sembrados (59,0%) presentaban roya, lo cual indica un rápido incremento en el número de razas del patógeno compatibles con los genotipos de café sembrados en el lote. En el 2004, de acuerdo con evaluaciones realizadas en los meses de febrero, marzo y agosto, solamente 15 materiales (19,2%) se encontraron libres de la roya (BI 0327, BI 0390, BK 0281, CU 0101, CU 0181, CU 0530, CU 0753, CU 0776, CU 0783, CU 1301, CU 1326, DH 0632, H420/2, H832/2 y R). Cabe anotar que el material CU 0776 afectado por la enfermedad en julio de 2003, no mostró en las evaluaciones siguientes pústulas de roya sobre sus hojas. Estas variaciones en la incidencia de roya, incluso dentro del mismo año, se han observado también en otros materiales, lo cual sugiere que pueden presentarse variaciones temporales en la composición de las razas del

hongo *H. vastatrix*. Además, en los datos obtenidos se observa que existen 14 materiales de café cuya resistencia no ha sido vencida aún por las razas del patógeno que han emergido en el lote.

### Otras Enfermedades del café

**Caso especial de un disturbio en cafetales del Departamento del Huila.** El disturbio denominado "Chamusquina", se presenta especialmente en altitudes superiores a 1.700 m y los síntomas en las plantas se expresan como lesiones necróticas en las hojas tiernas de plantas de café de todas las edades (Figura 19). Este disturbio está distribuido en cafetales de varias veredas de los municipios de La Plata, La Argentina, El Pital, Alto Caloto, Paicol y Rubital, en el departamento del Huila. El daño ocasionado por este disturbio, causa pérdidas económicas debido a que las plantas detienen su crecimiento y promueven la generación de abundante follaje y escaso número de frutos.

Hasta el momento se han obtenido aislamientos de los hongos *Phoma costarricensis*, *Phoma* sp, y *Colletotrichum*, como los aquellos presentes, en forma más frecuente, en las lesiones de las plantas afectadas por dicho problema. Las pruebas de

patogenicidad con estos microorganismos indican que *Colletotrichum* causa lesiones en hojas al hacer una herida, debido a su condición de hongo saprófito. Mientras que con los aislamientos de *Phoma*, los resultados no han sido totalmente claros, ya que las lesiones ocurren en un bajo número de hojas inoculadas. No obstante, en pruebas de control químico se ha visto un efecto promisorio del fungicida Derosal en condiciones de campo, indicando la posibilidad de que el problema sea de origen fúngico.

**Purificación y caracterización preliminar de un virus asociado a café.** Durante el presente período se realizaron actividades para la caracterización y purificación de un virus asociado a café. Es así como para la determinación de hospedantes, tanto en especies indicadoras como en arvenses de la zona cafetera se han evaluado un total de 25 especies. En cuanto a la expresión de síntomas no se obtuvo respuesta consistente, a pesar de algunas sintomatologías observadas en acelga (*Beta vulgaris* ssp *cicla*), besitos (*Impatiens balsamina*) y repollo morado (*Brassica oleraceae* var. *capitata*). Las pruebas de retroinoculación a café y a *Mirabilis jalapa* sanos y las repeticiones no resultaron positivas, lo cual indica que esta reacción fue ajena a la inoculación, al menos en cuanto a la expresión de síntomas. Las pruebas de diagnóstico mediante tinción de la epidermis foliar con



Figura 19. Síntomas de la enfermedad conocida como "Chamusquina"

Phloxine B, no mostraron la presencia de masas similares a cuerpos de inclusión viral, tanto en acelga como en repollo y besitos, a diferencia de las observadas en café y *M. jalapa*. Variaciones en la expresión de los síntomas, la eficiencia y la dispersión de los mismos fueron observadas en los testigos y en otros ensayos con *M. jalapa*. Además, la presencia de las partículas isométricas de 50 a 60nm observadas en plantas de café y *M. jalapa*, fue variable.

Inicialmente los trabajos con *M. jalapa* como hospedante alterno, se consideraron exitosos (eficiencia mayor al 72% en promedio). Sin embargo, trabajos posteriores indicaron que esta misma sintomatología podía producirse sin necesidad de transmisiones o inoculaciones dirigidas, inhabilitando su uso al no poder garantizar la validez de los resultados obtenidos por la posibilidad de contaminaciones cruzadas o por la no repetibilidad de los resultados. En los trabajos relacionados con la presencia de ácaros de la especie *Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Tarsonemidae), no se evidenció una relación clara con estos síntomas y tampoco la relación con otras especies de ácaros identificadas en el área de los experimentos. Para los trabajos con áfidos como posibles vectores (*Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe)), se realizaron las recolecciones, incrementos básicos en laboratorio y casa de mallas de las colonias, pero no fue posible establecer la cría masiva para la obtención de colonias e isolíneas puras con propósitos de transmisión dirigida. Aspectos ambientales y biológicos desconocidos o no controlables, afectaron estas colonias. Otras transmisiones realizadas a plántulas de café y *M. jalapa* con la especie *T. citricida* (Kirkaldi) tampoco generaron expresión de los síntomas.

Respecto a los trabajos sobre la posible relación entre la expresión o no de síntomas con la nutrición, al realizar los ensayos en condiciones de hidroponía con soluciones nutritivas completas no se obtuvieron evidencias que respaldaran alguna de las dos opciones. Es decir, no hubo diferencias entre

las plantas de café inoculadas con extractos de café y *M. jalapa* infectados respecto a los testigos, al igual que para las plantas de *M. jalapa* sanas y aisladas. En la conservación mediante liofilización de material infectado, no se logró determinar su calidad biológica en las pruebas de patogenicidad y de extracciones, dado que no se generaron síntomas ni se obtuvieron las partículas mencionadas. Sin embargo, se generaron avances útiles para el transporte adecuado de material fresco de brotes y hojas de ambas especies.

Con relación a las pruebas sobre propiedades físicas y biológicas en hojas de café como de otras especies, en las tinciones con Azure A, no se observaron inclusiones virales o viroplasma, los cuales se habían observado inicialmente con Phloxine B; y en trabajos posteriores, tampoco se volvieron a detectar estas inclusiones. En las evaluaciones mediante el método de Yoduro de Potasio no se evidenciaron depósitos de almidones ni puntos de infección. En cuanto a las observaciones realizadas en el microscopio electrónico de transmisión (MET), sólo se observaron partículas isométricas de 50 a 60nm de diámetro similares a virus, tanto en extractos de café como de *M. jalapa*, pero solamente para algunas plantas la presencia de estas partículas fue estable. Este tipo de partícula no se detectó en extractos de minipurificaciones de proteínas ni en tejidos liofilizados e hidratados.

Los ensayos sobre purificación de viriones a partir de muestras frescas y liofilizadas no obtuvieron concentración en los gradientes de sucrosa. Tampoco se observaron partículas similares a virus en las fracciones colectadas. En cuanto a las extracciones de ADN en café y *M. jalapa*, buscando corroborar o rechazar la hipótesis de que este virus posiblemente pertenece a la familia Caulimoviridae, sólo se obtuvieron bandas de DNA genómico de la planta por distintos métodos usados y en ningún momento DNA similar al viral. Trabajos con enzimas de restricción (EcoRI, HindIII, HaeIII, BamHI, XhoI, entre otras), nucleasas Mung Bean y exonucleasas T7 no generaron resultados que indicaran la presencia del virus,

en forma de un DNA de cadena doble o sencilla. Tampoco fue posible obtener una señal sobre si el virus del café pertenece a los Caulimovirus, ya que experimentos de transferencia del DNA obtenido a membranas de nitrocelulosa (Southern blot), no hibridaron con la sonda de DNA del virus CaMV marcada radioactivamente. De igual forma, en ensayos mediante PCR no detectaron secuencias conservadas usando iniciadores diseñados a partir de las secuencias del genoma de otros cuatro Caulimovirus, comparados con diferentes clones del virus tipo CaMV. Como estrategia básica para estos estudios sobre el posible virus en café, se trabajó según la caracterización biológica, la purificación, la biología molecular y la clonación de CaMV.

Los experimentos sobre minipurificaciones para la proteína de la capsida viral en los extractos de café y *M. jalapa* detectaron, inicialmente, una banda de proteína de aproximadamente 50K en las muestras infectadas de café, la cual al ser secuenciada no presentó homología con proteínas virales. Diversas minipurificaciones se analizaron en el microscopio electrónico de transmisión sin obtener presencia de partículas virales definidas. Trabajos preliminares de purificación para virus restringidos al floema y difíciles de purificar y observar, se realizaron empleando la enzima Celluclast® que degrada la celulosa y largos polímeros de glucosa, los cuales tampoco resultaron positivos cuando se evaluaron en el MET. Dado que los trabajos con DNA no arrojaron conclusiones sobre si este posible virus del café es o no DNA, se ajustaron diversos métodos para la obtención de RNA de doble cadena (dsRNA), para buscar formas replicativas intermedias de virus usando como testigo el Virus del Mosaico del Tabaco (TMV Tobamovirus), que es ssRNA, o genomas de virus dsRNA usando un Reovirus de yuca. En las muestras de café y de *M. jalapa* procesadas por los distintos métodos no se detectaron dsRNAs.

Por el momento, los resultados indican que no hay suficientes evidencias científicas que respalden la infección, transmisión,

purificación y caracterización de este posible virus en café. Además existe una alta posibilidad de que no sea un Caulimovirus o al menos uno de los virus conocidos.

**Verificación y caracterización del agente causante, y búsqueda del vector de la crespeta del cafeto.** La crespeta es una enfermedad registrada en cafetales colombianos desde hace más de 60 años. Entre sus síntomas se destacan: el enanismo a causa del acortamiento de entrenudos, la proliferación de brotes, la filodia, la abundancia de hojas anormales, el aborto de flores, la presencia de frutos monospermicos (granos caracol), entre otros. En casos severos, la crespeta afecta significativamente la producción. El manejo de la enfermedad ha presentado dificultades, en parte por su sintomatología poco reconocida por el caficultor, y por el desconocimiento de su etiología y epidemiología. Las investigaciones se orientaron siempre buscando causas virales, deficiencias nutricionales, limitaciones físicas y químicas del suelo y más recientemente se afrontó el problema hacia la búsqueda de un agente patogénico, y por los síntomas de la enfermedad se le atribuyó a los fitoplasmas. En muestras foliares provenientes de cafetales de Risaralda afectados por crespeta se aplicaron diferentes técnicas que indicaron la presencia de fitoplasmas en el floema. Para la verificación y caracterización del fitoplasma se estudió la región del RNA ribosomal correspondiente al gen 16S. Las pruebas se realizaron por PCR anidada, las cuales son altamente efectivas y específicas en la detección de fitoplasmas para una especie perenne como café, usando en una primera ronda los pares de iniciadores P1/P7 y en la segunda los iniciadores FU5/rU3, se amplificó un fragmento de 941 pares de bases, el cual fue clonado y secuenciado. La comparación de este fragmento con la secuencia amplificada proveniente de café con crespeta, permitió establecer la presencia de un fitoplasma con el número de Acceso en GenBank AY525125, perteneciente al grupo 16SrIII (X-Disease Group). Los resultados permiten confirmar la asociación de un fitoplasma con la crespeta del cafeto, paso

importante para la búsqueda de estrategias para el manejo de la enfermedad en Colombia, siendo éste el primer reporte mundial de un fitoplasma en este cultivo.

**Fitotoxicidad por el herbicida glifosato en plantas de café.** Debido a que los síntomas de la crespada son muy similares a los de una fitotoxicidad por glifosato, lo cual ha generado confusión a los caficultores, se realizaron diferentes observaciones tendientes a esclarecer las diferentes sintomatologías. Para las pruebas se utilizaron plantas de café de la variedad Colombia de dos años y seis meses de edad respectivamente, unas sembradas en la Estación Central Naranjal y las otras ubicadas en el almácigo de Cenicafe a libre exposición. Las aspersiones del herbicida se realizaron con un equipo de presión previa retenida (PPR). En los diferentes tratamientos se presentaron síntomas como reducción del área foliar (pocas hojas, crespas, delgadas en forma de cintas, necrosamiento y caída de las mismas). También, las plantas presentaron un crecimiento anormal y una lenta recuperación. Estos síntomas son observados fácilmente en cafetales afectados por la enfermedad denominada crespada del cafeto, la cual tiene como agente causante un fitoplasma. Los resultados de esta observación indican que las plantas asperjadas con glifosato en dosis de 2 cc/L, muestran recuperación después de 5 meses de la aplicación, pero en los demás tratamientos no hay signos de recuperación de la planta, mientras que una planta afectada por crespada no puede recuperarse, teniendo que recurrir a la renovación por siembra nueva.

**Avances en el estudio de fertilizantes químicos y biológicos en el cultivo de café.** En plantas de café var. Colombia de dos años de establecidas en el campo, fertilizadas con productos químicos con base en análisis de suelos y un producto biológico (Bacthon), se están evaluando las variables de crecimiento altura, número de cruces, ramas y hojas y la variable producción (cantidad y calidad). Las variables altura y número de hojas muestran diferencias estadísticas significativas entre los

tratamientos fertilizados al compararlos con el testigo absoluto. El número de hojas promedio por árbol para el tratamiento donde se ha aplicado el fertilizante químico al 75% (dos veces) + Bacthon (una vez) que muestra hasta el momento los valores más altos fue de 1.879 y de 1.369 para el testigo. En altura para ese mismo tratamiento los valores fueron de 186cm y 160cm para el testigo; las demás variables de crecimiento no han presentado diferencias estadísticas entre tratamientos. Las plantas de café en sus dos años de experimentación han presentado niveles bajos de roya y de broca. La presencia de mancha de hierro en las hojas y los frutos ha sido baja, con niveles promedio de 0,86% y 5%, respectivamente. El testigo ha mostrado los promedios más altos en la incidencia de mancha de hierro (hojas 1,6% y frutos 6%) comparado con los demás tratamientos. Con respecto a la variable producción, no se han detectado diferencias estadísticas entre tratamientos, en el acumulado de 21 recolecciones realizadas. En promedio, los tratamientos que presentan la mayor producción acumulada son los que han recibido los fertilizantes químicos + el producto biológico. El promedio del factor de conversión para los tres últimos pases fue de 4,86kg cc/kg CPS. La calidad del café en trilla, tampoco ha mostrado diferencias estadísticas entre tratamientos. En este experimento ha predominado la buena calidad del café ya que todos los tratamientos presentan niveles de rendimiento por debajo de 92,2kg de café excelso.

## Estudios de resistencia del café a enfermedades

**Evaluación de resistencia a llaga macana y roya en materiales promisorios.** De 6 progenies en tercera generación, producto del cruzamiento entre (Sobresalientes III- F3 de Borbón Resistente a macana x Caturra) x Híbrido de Timor se seleccionaron 20 plantas con alta resistencia a *Ceratocystis fimbriata* y a *Hemileia vastatrix*, con mínimos niveles de

vaneamiento en cereza y en defectos, con más de 70% de tamaño de grano tipo supremo y buena morfología de plantas.

#### Búsqueda de nuevos genes involucrados en las reacciones de resistencia en café.

A cDNA obtenido a partir de materiales de *C. arabica* con resistencia completa e incompleta alta e incompleta e inoculados con uredosporas del roya, se sustrajeron aquellos genes representados en cDNA de los mismos genotipos pero sin inocular, además de cDNA del genotipo susceptible var. Caturra inoculado. En cuatro librerías sustractivas generadas se encontraron patrones de expresión genética similares para todos los genotipos con resistencia, aunque con polimorfismos en la intensidad de la expresión. De la secuenciación de 40 clones de la librería se identificaron 17 secuencias únicas, de las cuales 11 tuvieron homología significativa con genes previamente descritos en la base de datos GenBank, tres de ellos reportados en resistencia en otras especies. Los restantes 6 genes se asume que son secuencias novedosas implicadas en la reacción de defensa. Esta información es promisoría para la búsqueda de nuevas formas de resistencia a enfermedades en café y otros cultivos.

#### Caracterización de genes involucrados en mecanismos de resistencia sistémica adquirida en café *Coffea arabica*.

Ensayos de invernadero permitieron determinar que existe un efecto en la inducción de genes de defensa y resistencia por acción del compuesto Acibenzolar-S-Methyl – ASM (BION). El compuesto Harpina (Messenger) parece tener algún efecto inductor en las plantas de café, pero es un compuesto mucho más sensible a efectos medio ambientales y/o cambios en las condiciones de aplicación del mismo.

Estos compuestos inductores tienen potencial para usarlos en la protección de plantas de café en campo contra el ataque de enfermedades y su uso en plantaciones comerciales tendrá que ser ensayado. Estos ensayos tomarán algunos

años, dada la característica de anualidad de la planta de café; mientras tanto en estos primeros ensayos su uso principal ha sido para el estudio de las reacciones de defensa que la planta de café enciende ante la llegada de patógenos y/o compuestos inductores de defensa.

El método de hibridación sustractiva fue efectivo para identificar clones de genes asociados con defensa y resistencia en café. El análisis de las secuencias permitió identificar genes que en otros organismos (plantas) han sido reportados por estar relacionados con defensa y resistencia. Dentro de los genes que se logró identificar y que potencialmente están involucrados en reacciones de defensa en café están la quitinasa, proteínas relacionadas con muerte celular o senescencia, inhibidores de proteinasas y protein-quinasas. También se identificaron seis genes que no han sido reportados en otros organismos en las bases de datos públicas por lo que es presumible afirmar que en café existen genes relacionados con defensa que no han sido estudiados en otras plantas.

El análisis de secuencia logra dar una idea inicial de la característica y función de los genes que se han aislado. Sin embargo, es necesario utilizar técnicas adicionales a la secuenciación para determinar la función de los genes de un organismo. Dentro de las técnicas que se han implementado para el estudio funcional de genes en Cenicafé están los Macroarreglos, análisis de Dot-blot, análisis de Southern-blot y actualmente estamos estandarizando el análisis de Northern-blot. Hemos realizado los contactos con el Dr. Carlos Yunis de la compañía BioMol para implementar la técnica del PCR en tiempo real (Real-Time PCR), que también permite analizar la dinámica de expresión de genes particulares en un estado determinado del desarrollo de un organismo. Una vez comprobada la función de los genes, será posible utilizarlos para el mejoramiento de variedades comerciales de café.



## Controladores Biológicos y Biodiversidad

Bioprospección de controladores biológicos en la zona central cafetera colombiana. Con el fin de buscar hongos entomopatógenos de uso potencial como biocontroladores y evaluar su biodiversidad en la zona central cafetera colombiana, se realizó este estudio con la financiación del Ministerio del Medio Ambiente. Se llevaron a cabo muestreos de campo en los departamentos de Caldas, Risaralda y Antioquia. Se realizaron dos tipos de muestreo: colecta de insectos parasitados con hongos entomopatógenos y el uso de trampas en suelo con larvas de *Galleria mellonella*. La búsqueda de los biocontroladores se realizó en pastos, en cultivos de café, cítricos, plátano, macadamia, y en relictos de bosque. Mediante observaciones directas al microscopio, y cultivos puros, se realizó la identificación de los especímenes mediante claves taxonómicas. A partir de los insectos colectados en los diferentes cultivos se obtuvieron principalmente aislamientos de los géneros *Beauveria* y *Lecanicillium* y en menor proporción *Paecilomyces*, *Metarhizium*, *Aschersonia*, *Cordyceps*, *Hirsutella*, *Entomophaga* e *Hymenostilbe*, lo cual indica que la zona de estudio cuenta con una valiosa diversidad de hongos con potencial biocontrolador de insectos plagas en diferentes cultivos. De las trampas de suelo, se recuperaron con mayor frecuencia aislamientos de *Metarhizium* y *Beauveria*, y ocasionalmente *Paecilomyces*. A la población obtenida de *Metarhizium*, se le evaluó la diversidad genética mediante el estudio del DNA ribosomal y el uso de marcadores en el genoma completo. Las diferencias entre los organismos se analizaron mediante la construcción de matrices de similitud. Los datos se agruparon mediante el algoritmo UPGMA y el análisis de coordenadas principales PCOORDA. Se observó que la diversidad genética es baja. La mayoría de los aislamientos pertenecieron a la especie *M. anisopliae*, existiendo en el medio grupos intraespecíficos que no tienen relación con

origen geográfico o tipo de cultivo. Esta variabilidad puede ser una fuente de interés para genes, metabolitos y formulaciones que mejoren la actividad de este controlador biológico.

**Búsqueda de metabolitos secundarios en *Beauveria bassiana*.** Los metabolitos secundarios juegan un papel importante según su acción biológica ya que pueden actuar, dependiendo la clase del compuesto como, fitotóxicos, insecticida, antibacterial, y fungicida aunque en muchos casos son precursores de otros compuestos como vitaminas y provitaminas etc. En esta primera etapa se desarrollaron las pruebas preliminares tanto en medio líquido como en micelio para la identificación de núcleos endólicos y heteroátomos especialmente nitrogenados, en las cepas de *Beauveria bassiana* 9205 (altamente patogénica) y 9024 (poco patogénica) sembradas durante nueve días en un medio de cultivo de 10% de peptosa y 40% de glucosa. Seguido de su identificación por cromatografía de gases masas de los diferentes extractos puros. La mayoría de estas pruebas dieron positivas en las diferentes extracciones para los grupos endólicos, sin embargo en cromatografía de masas esto no se evidencia. Dado que solo se ha podido identificar en el extracto etanólico del micelio el compuesto 5,7,22 triene 3-ergosterol como mayoritario (80%) seguido por el gamma-Sitosterol (5%). Al comparar estas dos cepas con la producción del compuesto 5,7,22 triene 3-ergosterol es evidente que la producción de este compuesto es el doble en concentrado para la cepa Bb9205 que en la cepa de Bb9024. Además el gamma Sitosterol aparece en trazas mientras que en la cepa Bb9205 este compuesto es identificable por cromatografía de gases masas. Estos dos compuestos con estudios posteriores nos podrían ayudar a decir que relación puede existir entre la patogenicidad del hongo y la producción de alcaloides Ergosta y sitolteroles.

**Actividad antifúngica de metabolitos del biocontrolador *Beauveria bassiana* sobre la Roya del café (*Hemileia vastatrix*).** *Beauveria bassiana* es un hongo

entomopatógeno utilizado en el biocontrol de plagas. Su acción se atribuye en parte a la producción de metabolitos secundarios como las toxinas Beauvericina (BEA) y Bassianina. Con financiación del Ministerio del Medio Ambiente, se propuso evaluar la actividad antimicrobial de metabolitos de *B. bassiana* usando como modelo la roya del café. Cultivos líquidos de aislamientos del biocontrolador, seleccionados con base a su diversidad genética y la capacidad de Producción de BEA (PdB), se probaron como inhibidores de germinación de urediniosporas de *Hemileia vastatrix*, como inductores de resistencia y por su efecto protectante sobre plántulas de caturra en invernadero. Los metabolitos de Bb9010 (alta PdB), Bb9205 (media PdB) y Bb9001 (baja PdB), y las toxinas puras BEA y Basianina (0,1 mg/ml), se adicionaron a una solución de urediniosporas en concentraciones de 1, 2, 5, 10, 15 y 20 partes por cien, para inocular hojas desprendidas de *Coffea arabica* var. Caturra e incubarlas 12 horas en un cuarto oscuro al 100% de humedad; los mismos extractos líquidos en una alta y baja concentración se asperjaron sobre plántulas de caturra de tres meses de edad previo a la inoculación con uredosporas de Roya en una concentración de  $6,5 \times 10^4$  u/ml. Las plántulas se mantuvieron en condiciones de invernadero durante 62 días, tiempo durante el cuál se evaluó el desarrollo de la enfermedad; asimismo, mediante la metodología de Dot Blot se rastreó la inducción en producción de las enzimas Lipoxigenasas, b-Glucanasas y Quitinasas. Los resultados muestran diferencias estadísticas significativas en los promedios de germinación de los tratamientos con respecto a los testigos ( $H_2O$  y Medio de cultivo), y entre tratamientos con respecto a las dosis. Se observó un incremento lineal en el efecto inhibitorio de la germinación de roya como respuesta a aumentos en concentración de los extractos y de las soluciones de toxinas puras (0–20%); un incremento en la actividad de las enzimas evaluadas ha sido demostrado siendo mayor en plantas asperjadas con la toxina pura (BEA). Adicionalmente, al evaluar las curvas de la enfermedad construidas con base a los índices de infección no se observaron

diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos pero si de estos frente a los testigos para todos los días evaluados; todo lo anterior indica la participación activa de las moléculas de *B. bassiana* sobre el desarrollo del patógeno. Este tipo de bioprospección abre la posibilidad de explotar nuevos metabolitos en el control de fitopatógenos, y otros microorganismos de interés.

**Biodiversidad genética de microorganismos controladores biológicos de la zona cafetera colombiana.** Actualmente los hongos controladores biológicos juegan un papel muy importante en el manejo integrado de plagas en cultivos de importancia económica, tanto en Colombia como en la agricultura mundial. Con el fin de buscar hongos entomopatógenos de uso potencial y evaluar la biodiversidad de estos biocontroladores en la zona central cafetera colombiana, se realizó este estudio con la financiación del Ministerio del Medio Ambiente. Se llevaron a cabo muestreos de campo en tres subestaciones experimentales de Cenicafé ubicadas en los departamentos de Caldas, Risaralda y Antioquia. Para la obtención de los hongos se tuvieron en cuenta dos tipos de muestreo: colecta de insectos parasitados con hongos entomopatógenos y el uso de trampas en suelo con larvas de *Galleria mellonella*. La búsqueda de los biocontroladores se realizó en pastos, en cultivos de café, cítricos, plátano, macadamia, y en relictos de bosque. Mediante observaciones directas al microscopio, y cultivos puros, se realizó la identificación de los especímenes mediante claves taxonómicas. A partir de los insectos colectados en los diferentes cultivos se obtuvieron principalmente aislamientos de los géneros *Lecanicillium* y *Beauveria*. En menor proporción se encontraron hongos de los géneros: *Aschersonia*, *Cordyceps*, *Entomophaga*, *Hirsutella* e *Hymenostilbe*. De las trampas de suelo, se recuperaron con mayor frecuencia aislamientos de *Metarhizium* y *Beauveria*, y ocasionalmente *Paecilomyces*. Los resultados obtenidos muestran que la zona central cafetera colombiana cuenta con una valiosa diversidad de hongos con potencial para

ser utilizados como controladores de insectos plagas en diferentes cultivos.

**Biodiversidad genética de microorganismos controladores biológicos de la zona cafetera colombiana: Variabilidad de *Metarhizium* spp.** La estimación de la diversidad es un factor determinante para conservar y aprovechar los recursos genéticos presentes en el medio ambiente. Con el fin de contribuir al conocimiento de la diversidad genética de los hongos controladores biológicos de insectos de la zona central cafetera colombiana, se estudiaron mediante técnicas convencionales y moleculares las poblaciones del hongo *Metarhizium* spp. Se realizaron cuatro recolecciones de insectos parasitados con hongos, en las subestaciones experimentales de Cenicafé ubicadas en los departamentos de Caldas, Risaralda y Antioquia. Los muestreos se realizaron en pastos y en cultivos de café, cítricos, plátano, macadamia y algunos relictos de bosque. Para la obtención de los hongos entomopatógenos se realizaron dos tipos de muestreo: recolección de insectos parasitados con hongos y muestreos de suelo obtenidos mediante el uso de trampas con larvas de *Galleria mellonella*. De los insectos parasitados se aislaron los hongos en medios de cultivo y se realizaron cultivos monoespóricos a partir de los cuales se extrajo el ADN para las pruebas moleculares. La evaluación de la diversidad genética se llevó a cabo mediante la amplificación y digestión de las secuencias espaciadoras transcritas de los genes ribosomales (ITS) y Amplificación al azar del ADN polimórfico (RAPDS).

Las diferencias entre los organismos se analizaron mediante la construcción de matrices de similitud utilizando el índice de Jaccard. Los datos se agruparon mediante el algoritmo UPGMA y el análisis de coordenadas principales PCORDA. De todos los insectos colectados se obtuvieron 40 aislamientos del hongo *Beauveria* spp., 67 de *Lecanicillium* spp., uno de *Paecilomyces* spp., dos de *Metarhizium* spp. y 20 aislamientos de diferentes hongos pendientes por identificar. De los muestreos de

suelo, se aislaron de larvas de *Galleria mellonella* 158 aislamientos de *Metarhizium*, 41 aislamientos de *Beauveria* y dos de *Paecilomyces*.

Para el análisis molecular se seleccionaron 28 aislamientos de *Metarhizium* provenientes de diferente localidad, cultivo y hospedante que correspondieron morfológicamente a la especie *M. anisopliae*. Molecularmente estos aislamientos presentaron un fragmento de ITS del mismo peso (540pb), que no mostró diferencias entre aislamientos en el patrón de restricción al ser digeridos con la enzima Tru91. Con tres primers (R-01, R-02, R-08 Operon Technologies) utilizados en los RAPDs se obtuvieron 33 marcadores de los cuales 23 representaron la mayor parte de la variación. La comparación uno a uno entre los aislamientos del hongo mostraron un valor de similitud promedio de 0,76. Los aislamientos PSMa03120 y PSMa03133 provenientes de la misma región geográfica fueron los más similares (Índice de similitud: 0,98), mientras que los aislamientos Ma9905 y PSMa03150 fueron los más distantes genéticamente. El análisis de ITSs, complementado con los agrupamientos obtenidos de los marcadores RAPDS y visualizados mediante dendrograma y Coordenadas principales, indicó que aunque existe variabilidad entre las poblaciones de *Metarhizium* en la zona cafetera estudiada, la diversidad genética es baja. No obstante pertenecer todos los aislamientos a la misma especie, existen en el medio dos grupos intraespecíficos que no tienen relación con el origen geográfico, el tipo de cultivo, ni el hospedante.

**Búsqueda de genes de interés en microorganismos de control biológico de la zona cafetera colombiana: *Lecanicillium leccani*.** Los agentes de control biológico tienen tres posibles formas de acción, parasitismo, antibiosis y competencia. Para facilitar el estudio de estos mecanismos, a través de este proyecto, se buscaron nuevos genes involucrados en la capacidad parasítica de hongos controladores biológicos por medio de la construcción de librerías diferenciales de

clones de ADNc de *Lecanicillium lecanii*, hiperparásito de la roya del café. En la aplicación de dicha metodología fue necesario estandarizar primero el crecimiento del hongo biocontrolador *L. lecanii* en diferentes medios de cultivo para la consecuente extracción de ARN total y mensajero. Llevado a cabo esto, se sintetizaron los ADN complementarios de dos poblaciones en estudio, *Lecanicillium lecanii* creciendo en medio mínimo con inductor, y el mismo creciendo en CSD. Por primera vez se exploró a nivel de la expresión genética la actividad micoparasítica de *L. lecanii*, en este caso atacando uredosporas de roya. Se han refinado las metodologías para estudiar las poblaciones de ARN mensajero involucradas en estos proyectos, y un muestreo inicial de clones obtenidos indica la presencia de genes propios del género y del reino y otros con homologías a divisiones taxonómicas más distantes, como bacterias. Estos genes pueden ser la fuente de nuevas alternativas para diseñar estrategias de manejo de enfermedades fúngicas mediante aplicaciones de la biotecnología.

**Búsqueda de genes de interés en microorganismos de control biológico de la zona cafetera colombiana: Hyphomycetes.** El hongo Hyphomycete CENICAFE 9501 aislado de suelos de lotes comerciales con café en Chinchiná (Caldas), ha sido identificado como un parásito de

huevos de las especies de nematodos *Meloidogyne incognita* y *M. javanica*. Con el fin de determinar la biología y hacer una aproximación taxonómica que permita describir al hongo, se estudió *in vitro* la morfología de cultivos monospóricos, usando Medio Completo sólido. Se obtuvieron en total 16 cultivos monospóricos, que se diferenciaron por su coloración en colonias blanco-habanas y colonias blanco-lila. El Hyphomycete muestra un comportamiento polimórfico que se manifiesta por la producción de 4 tipos de estructuras: posibles conidios (Tipo I y II), conidios verdaderos ovales que nacen de fiálides, y probables estructuras vesiculares. Las estructuras se presentan en forma secuencial desde el día tres hasta el día diez y ocurren de manera excluyente. La descripción morfológica no concuerda plenamente con la de un género previamente conocido. Una interpretación conidiogénica de las estructuras sugiere relación con los géneros *Paecilomyces*, *Acremonium* y *Trichotecium*, mientras que una interpretación patogénica indica similitudes con especies de *Nematoctonus*, *Drechmeria* y *Meliola*.

La posibilidad de tener un nuevo género motiva el uso de herramientas moleculares para complementar el estudio taxonómico convencional, y permitir el aprovechamiento de este recurso genético en aplicaciones de control biológico.

## VII. BIOINFORMÁTICA

**Aplicación de la Biotecnología al estudio de la Biodiversidad de la zona cafetera.** Se implementó un sistema LIMS para la administración en ambiente Web de la información producto de los experimentos desarrollados en este proyecto, financiado por el Ministerio del Medio Ambiente.

Se implementó un Cluster OpenMosix (HPC) bajo Linux, sobre el cual se instalaron

herramientas con acceso directo mediante una interfaz Web. El sistema tiene como base un servidor de aplicaciones IBM con doble procesador que hace parte un cluster variable de computadores-nodos, resultando en una operación dinámica tanto en procesamiento como en capacidad de memoria, que puede ajustarse según las necesidades de análisis del momento. Combinado con un almacenamiento en RAID5 de 280Gb, se garantiza además una

continua operabilidad, seguridad, y respaldo físico de las bases de datos. Además de aplicaciones libres de amplia distribución como wEMBOSS, Clustalw, Mafft, NetBlast y LocalBlast, se incorporaron desarrollos de programación propios contenidos en el sistema de información LIMS como Unigen, wBlast, BlastXtract, y NetBlast para cubrir necesidades particulares de los investigadores. De esta manera se tiene un entorno Cliente Servidor de alto desempeño, baja inversión inicial, fácil mantenimiento y que ofrece al usuario herramientas de punta para explotar rápida y eficientemente la información generada.

**Desarrollo de un software para simular la dinámica de poblaciones de la broca del café.** La broca del café es la principal plaga del cultivo del café. Para un mejor conocimiento y predicción de la dinámica de las poblaciones de la broca, se requiere usar herramientas de simulación de sistemas dinámicos, para hacer investigaciones y probar hipótesis sobre el sistema. Inicialmente, se formuló el modelo conceptual y basado en éste se desarrolló el modelo matemático usando procedimientos sistemáticos para describir los componentes y sus estructuras. Estos modelos indican la necesidad de conocer los parámetros poblacionales de la broca y de los agentes que

se utilicen para su control; así mismo, permite imponer las restricciones que en el sistema real se hacen con las labores de control cultural y el uso de los insecticidas. El modelo de simulación se está desarrollando en Visual Studio.Net 2003, soportado en SQL Server 2000, usando la metodología para programación orientada a objetos UML. El modelo está basado en reglas y representado por estados discretos, controlado por restricciones condicionales del tipo *if - then*, que simulan la dinámica del sistema a través del tiempo. El sistema está conformado por un motor de modelado principal que recibe parámetros como: floración, maduración, cosecha, broca, entre otros, para crear los diferentes objetos que generan la simulación; su representación se hace mediante gráficos dinámicos como: curvas y barras, generadas con librerías de *Dundas Software* para plataforma .Net. Para ajustar el modelo se realizan pruebas de verificación, validación y análisis de sensibilidad. Las salidas de la simulación se compararán y se ajustarán hasta lograr una aproximación satisfactoria del modelo con el sistema real en campo. El sistema permitirá simular nuevas pruebas con prácticas de control, para evaluar su efecto sobre el modelo sin tener que hacerlos experimentalmente; esto conllevaría a ahorros importantes en la investigación.

## VIII. FISIOLÓGÍA DEL CAFETO

**Caracterización de Rubisco en introducciones de café y su relación con la actividad fotosintética.** La fotosíntesis es el único proceso que permite incorporar la energía procedente del sol en formas utilizables por los organismos vivos; por tanto, es responsable de gran parte del balance energético de la biosfera y en consecuencia, de la productividad de los cultivos. La energía procedente del sol es capturada por los organismos fotosintéticos y convertida en energía aprovechable en forma de ATP y NADPH, la cual es utilizada posteriormente

para la incorporación del dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) atmosférico para la producción de carbohidratos esenciales  $(\text{CH}_2\text{O})_n$ . La enzima Ribulosa 1,5 bisfosfato carboxilasa - oxigenasa (Rubisco), es la puerta de entrada al proceso de carboxilación fotosintética y sus propiedades moleculares y bioquímicas tienen alta incidencia sobre la productividad en su conjunto.

Una de las vías para mejorar la productividad vegetal es, por tanto, identificar genotipos que presenten una enzima (Rubisco)

catalíticamente más eficiente, estableciendo las diferencias de los genes que determinan su herencia y adicionalmente su participación en el intercambio gaseoso. Por lo anterior, se estudiaron en 23 genotipos del banco de Germoplasma de Cenicafé, las características del gen que codifica para la subunidad pequeña de Rubisco (sRbc), las propiedades catalíticas de la enzima y su relación con el intercambio gaseoso.

La actividad de la enzima presentó diferencias significativas dentro de los genotipos estudiados (Figura 20), presentando el menor valor Kent ( $0,21 \text{ mmol}_{\text{NADH}} \text{ g}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ) y el mayor, Mundonovo ( $3,68 \text{ mmol}_{\text{NADH}} \text{ g}^{-1} \text{ min}^{-1}$ ). A pesar de la alta variabilidad que se aprecia entre los genotipos, se presenta una alta relación entre

la actividad obtenida en condiciones controladas y naturales, lo cual indica que la actividad intrínseca de la enzima es poco afectada por la oferta ambiental. En general, se obtuvo una estrecha relación entre los valores de actividad de Rubisco para hojas en condiciones de fitotrón y naturales. El análisis de regresión lineal muestra que para las condiciones experimentales es posible estimar la actividad de la enzima en condiciones naturales a partir de mediciones en condiciones controladas, o viceversa, lo cual es un buen indicativo de la relación genotipo – actividad de la enzima, que es uno de los supuestos más fuertes para abordar el estudio de la variabilidad genotípica de la actividad fotosintética en el café.

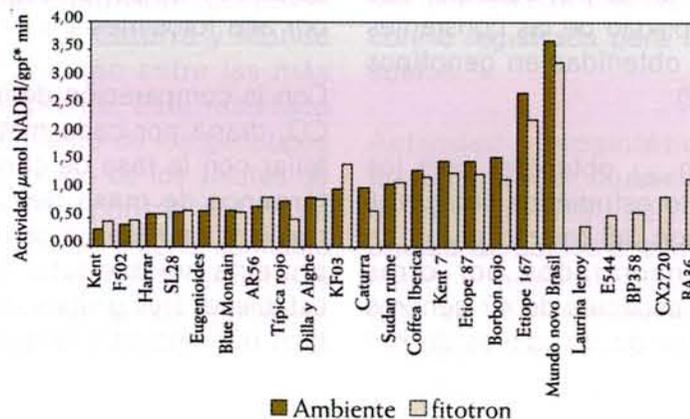


Figura 20. Comparación actividad de Rubisco bajo plena exposición y condiciones controladas

Una medida que se utiliza muy frecuentemente para estudiar la actividad enzimática y que puede reflejar con mayor aproximación el comportamiento de los genotipos, es la actividad específica – actividad de la enzima en función de la proteína foliar total presente. Esta variable es particularmente importante cuando se trata de Rubisco, puesto que la eficiencia catalítica de esta enzima es muy baja. Parece ser que la magnitud de las diferencias en actividad

específica es un estimador adecuado del grado de variación real de la actividad de carboxilación en los tejidos foliares de los diferentes genotipos de café. Como consecuencia de este resultado, la actividad específica de Rubisco medida en el tejido foliar puede ser utilizada como parámetro confiable para escoger parentales con mayor actividad de carboxilación, para propósitos de mejoramiento clásico del cultivo del café (Figura 21).

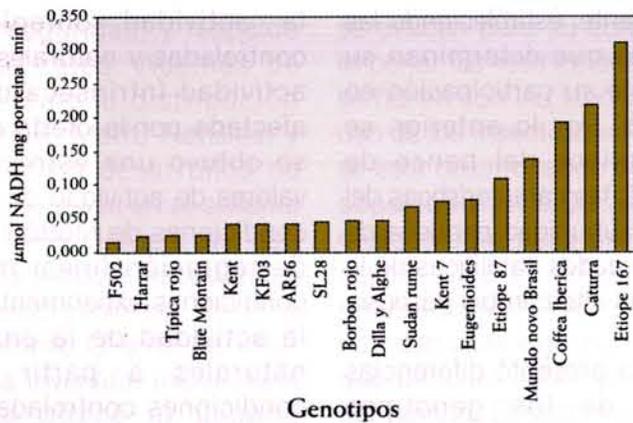


Figura 21. Actividad específica de Rubisco en 18 genotipos de Café.

La amplia variabilidad en la actividad de Rubisco puede ser explicada por las diferencias en afinidad entre la enzima y el sustrato, que se reflejan en la variabilidad de las constantes de Michaelis-Menten obtenidas en genotipos estudiados (Figura 22).

Los resultados de  $K_m^{HCO_3}$  obtenidos para los 23 genotipos de cafeto estudiados ( $10,2\mu M \leq K_m^{HCO_3} \leq 34,5\mu M$ ), son del mismo orden de magnitud de los encontrados por otros investigadores en 52 especies de 42 géneros diferentes. El amplio rango de valores de  $K_m$

entre genotipos, sugiere la posibilidad de seleccionar genotipos por alta afinidad (valores bajos de  $K_m$ ) por el  $CO_2$  y, consecuentemente, por alta fotosíntesis neta foliar.

Con la comparación de la asimilación neta de  $CO_2$  diaria por cada metro cuadrado de área foliar con la tasa de carboxilación medida en términos de masa de  $CO_2$  procesada por la cantidad de Rubisco contenida en cada mg de proteína soluble total foliar, se han podido establecer tres grupos de genotipos de cafeto bien diferenciados (Figura 23).

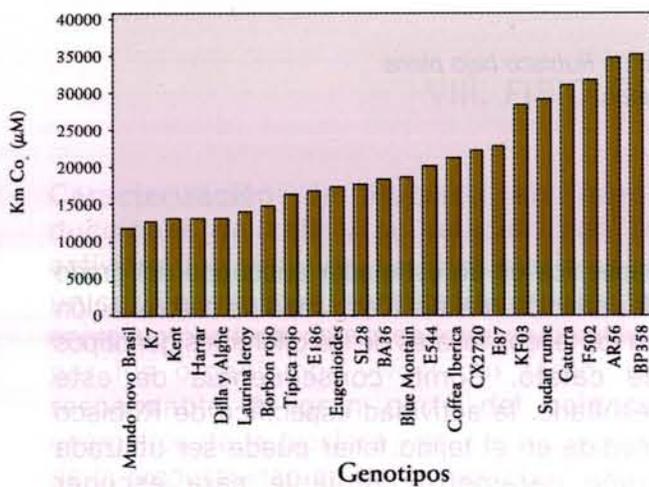


Figura 22. Constante de Michaelis-Menten para  $CO_2$ .

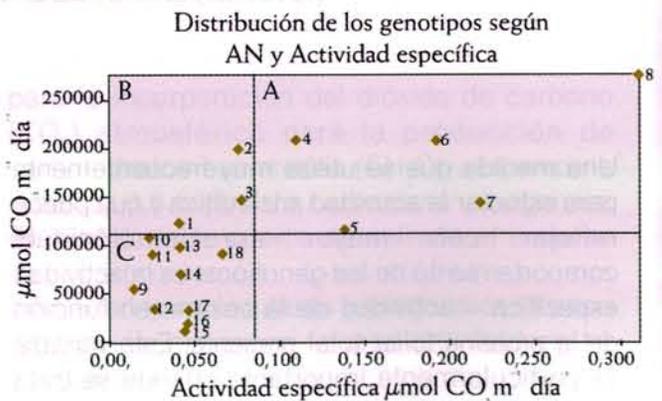


Figura 23. Distribución de genotipos según AN y Actividad específica.

El primer grupo (Cuadrante A) corresponde a los genotipos que registraron alta tasa de asimilación neta y alta actividad específica (Etiópe87, *Coffea liberica*, Mundo Novo, Etiópe167 y Caturra), lo cual parece indicar que buena parte de la Rubisco total del aparato foliar de estos genotipos ejecutan con alta eficiencia comparativa el proceso de incorporación de  $\text{CO}_2$ . Este resultado es consistente con el hecho de que en el grupo formado por los nueve genotipos con mayor contenido de Rubisco (como porcentaje de la proteína soluble total) se encuentran cuatro genotipos de los cinco agrupados bajo el cuadrante A (Etiópe87, *Coffea liberica*, Etiópe167 y Caturra) y dos de los genotipos localizados en el cuadrante B (Kent y *Coffea eugenoides*). Mientras tanto, seis de los genotipos con menor contenido de Rubisco, se localizaron en el cuadrante C. En el cuadrante A, se localizan Caturra y Mundo Novo Brasil, que se cuentan entre las más productivas comercialmente. Este resultado sugiere que el agrupamiento de los genotipos con base en la comparación de los valores de fotosíntesis neta diaria contra actividad específica de Rubisco, es un criterio confiable como indicador para seleccionar genotipos más productivos con el fin de ser utilizados como parentales en procesos de mejoramiento genético.

**Comportamiento del intercambio gaseoso de la hoja del café a cambios en la humedad del suelo y el aire.** Este experimento busca determinar el comportamiento del intercambio gaseoso de la hoja del café con relación a la disponibilidad de agua en el suelo y el aire. Para ello, se tomaron muestras de suelo sin disturbar en macetas de PVC, de las unidades de suelos (Villeta, Fresno, San Simón, Salgar, Guadalupe y 200) en las cuales se sembraron «chapolas» de café. Cuando las plantas alcanzaron los seis meses de edad, las macetas fueron regadas hasta saturación dejándolas drenar luego 24 horas para que el suelo alcanzara la capacidad de campo (CC).

Posteriormente las macetas se ubicaron en el fitotrón y se les conectaron sensores para determinar el potencial hídrico. Además, a una hoja de las plantas sembradas en las diferentes unidades de suelos se adhirió una cámara Párkinson para registrar en tiempo real el intercambio gaseoso. Los resultados iniciales son los siguientes:

**Potencial hídrico del suelo ( $y_s$ ).** La Figura 24 ilustra la variación del potencial hídrico del suelo ( $y_s$ ) en megapascales (MPa) luego de 15 días de haber sometido cada una de las unidades de suelos a capacidad de campo (CC).

Se observó que al transcurrir el tiempo el  $y_s$  disminuye (es más negativo) en proporciones que dependen del tipo de suelo. Para la unidad 200 se destaca que ésta presentó una notable reducción a partir de los 3 días en comparación con la registrada para las otras unidades de suelos.

**Actividad fotosintética.** La Figura 25 presenta el valor de la asimilación neta de  $\text{CO}_2$  de la hoja, luego de haber sometido cada unidad de suelos a capacidad de campo. La menor y mayor asimilación neta promedio de  $\text{CO}_2$  se registró respectivamente en las unidades *San Simón* y *Guadalupe* ( $1225,6$  y  $3597,8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ día}^{-1}$ ).

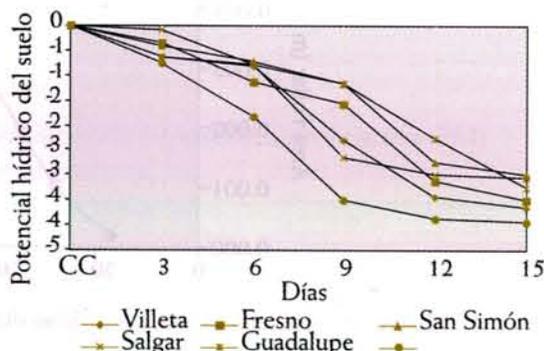


Figura 24. Variación del potencial hídrico ( $y_s$ ) de las diferentes unidades de suelos luego de someterlas a capacidad de campo (CC).



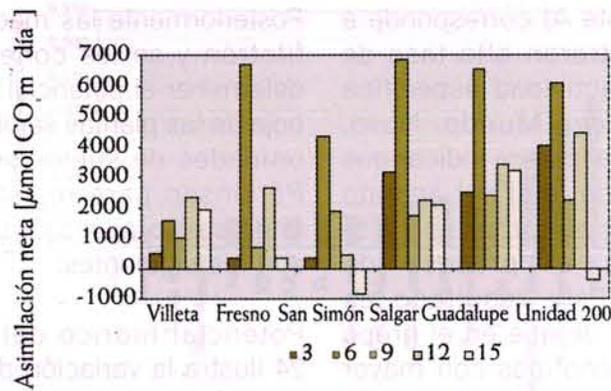
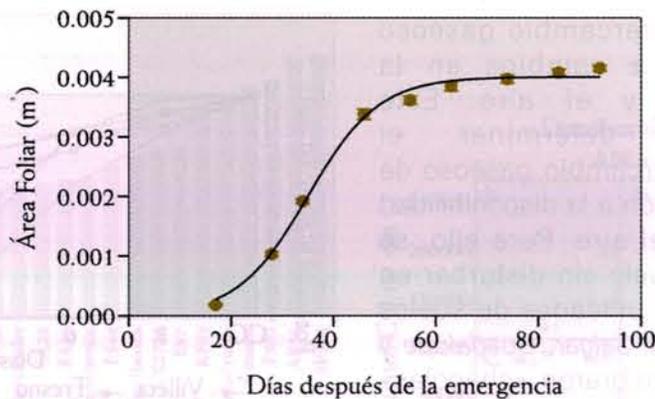


Figura 25. Valores de la asimilación neta de CO<sub>2</sub> de la hoja individual de la planta del café luego de 3, 6, 9, 12 y 15 días de haber sometido el suelo a capacidad de campo.

Excepto la unidad *Villeta*, donde la mayor asimilación neta diaria de CO<sub>2</sub> se registró a los 12 días, en las demás unidades de suelos se registró, respectivamente seis días después de haber sometido el suelo a capacidad de campo cuando éste alcanzó un potencial hídrico cercano a -1,10MPa. Según lo anterior a este nivel de potencial hídrico el proceso fotosintético de la planta no presentaría limitaciones por disponibilidad de agua en el suelo.

Estudio de la relación entre el desarrollo foliar y el intercambio gaseoso de la hoja individual de *Coffea arabica* L. cv. *Caturra*. Esta observación busca determinar cual es la edad óptima de la hoja, desde el punto de vista fotosintético. La Figura 26 muestra la variación del área de la hoja en función de la edad, donde se observa que ésta se describe mediante un modelo sigmoidal característico:



$$\text{Área foliar (m}^2\text{)} = 0.0040 / [1 + \text{Exp} (-(\text{días después de emergencia} - 35.0081) / 6.9127)]^2 = 0.99 \text{ P} < 0.0001$$

Figura 23. Variación del área foliar de la hoja de café (m<sup>2</sup>), en función del tiempo (días).

Según la ecuación anterior el área foliar alcanzó un valor máximo de 0,004m<sup>2</sup> (40 cm<sup>2</sup>) hacia los 60 días, con un punto de inflexión en su crecimiento a los 35 días después de la emergencia. En cuanto a la respuesta de la asimilación neta de la hoja

a medida que aumenta su edad, en función de la radiación, la Figura 27 muestra que a medida que la hoja incrementa su edad, aumenta la actividad fotosintética, aun cuando su crecimiento en área ya se ha estabilizado.

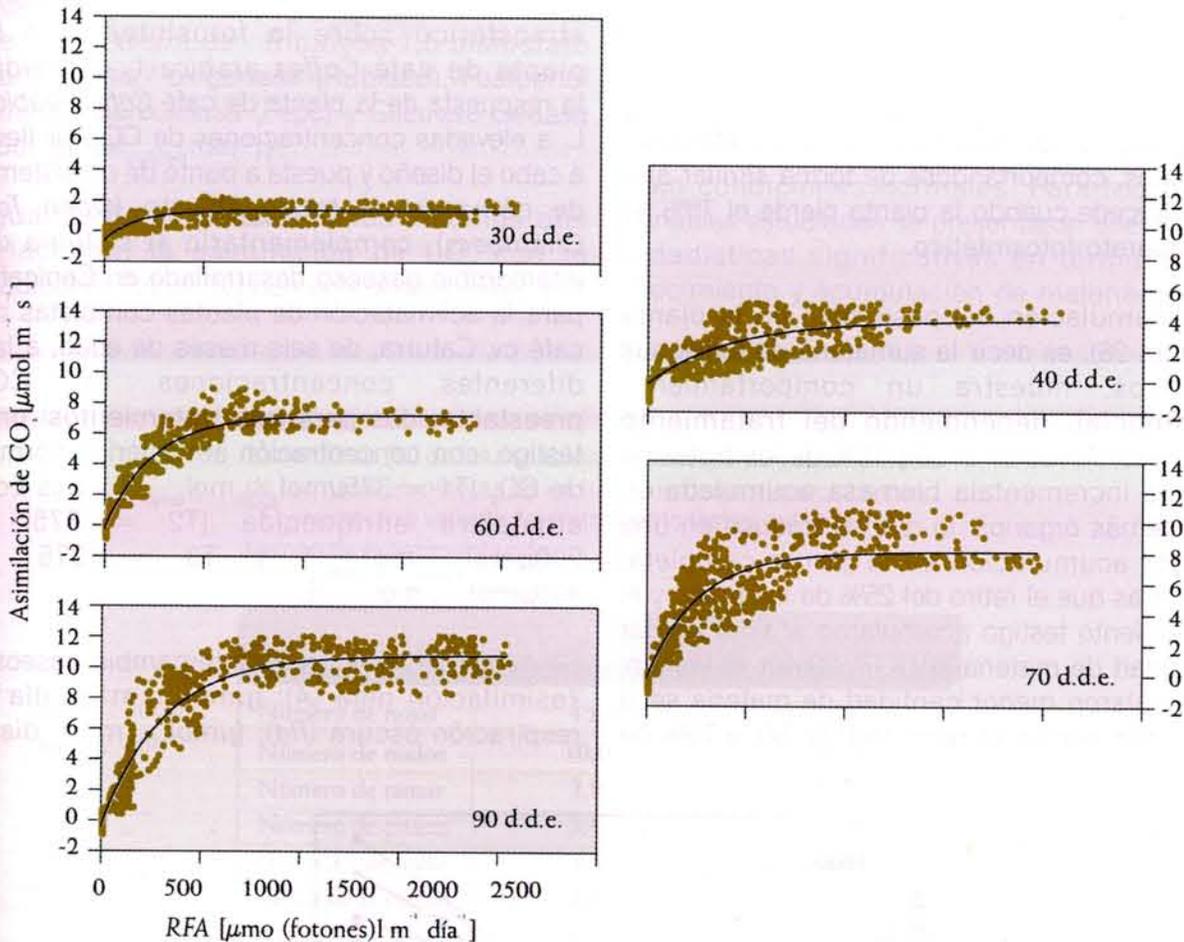


Figura 27. Respuesta de la asimilación neta de CO<sub>2</sub> a la radiación fotosintéticamente activa (RFA) de la hoja de café de diferente edad.

**Fotosíntesis y relación fuente - demanda en plantas de *Coffea arabica* L.** A través de la generación de una serie de tratamientos, en los cuales se varió el tamaño y fuerza de los órganos fuente de carbohidratos (hojas a través del proceso fotosintético), el tamaño y fuerza de los órganos de demanda (frutos en crecimiento y desarrollo) y por último a través

de un corte radical severo, se evaluó cómo es dicha relación, que tanto afecta el crecimiento y la acumulación de materia seca en los diferentes órganos, en concordancia con el tratamiento aplicado.

Los datos finales muestran un comportamiento diferencial de los diferentes órganos que

componen la planta. Aquellas plantas a las cuales se les retiró manualmente el 25% de su follaje no se muestran tan afectadas como aquellas que se les retira el 50% ó 75% de sus hojas, siendo más severo el último. El retiro de un porcentaje diferencial de frutos en pleno crecimiento permite que esos carbohidratos, que inicialmente debían llegar a los frutos separados de las plantas, sean transportados hacia otros órganos. El corte radical severo afecta notablemente el crecimiento y acumulación de materia seca en los diferentes órganos, comportándose de forma similar a lo que sucede cuando la planta pierde el 75% de su aparato fotosintético.

La acumulación del peso seco en la planta (Figura 28), es decir la sumatoria de todos sus órganos, muestra un comportamiento diferencial, dependiendo del tratamiento aplicado. Al retirar el 50 y 75% de los frutos, la planta incrementa la biomasa acumulada en los demás órganos, lo que se traduce en una mayor acumulación en la planta completa; mientras que el retiro del 25% de los frutos y el tratamiento testigo acumularon al final similar cantidad de materia seca. Posterior al testigo, acumularon menor cantidad de materia seca total por planta, el retiro del 25, 50, y 75% de

las hojas, respectivamente, siendo el 25% el más cercano al testigo. El tratamiento de menor acumulación de materia seca es el de corte radical severo, con un comportamiento similar al retiro del 75% de las hojas.

**Efecto del incremento de las concentraciones de dióxido de carbono atmosférico sobre la fotosíntesis en la planta de café *Coffea arabica* L.** Se midió la respuesta de la planta de café *Coffea arabica* L. a elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub>, se llevó a cabo el diseño y puesta a punto de un sistema de cámaras de techo abierto (*Open Top Chambers*), complementario al sistema de intercambio gaseoso desarrollado en Cenicafé, para la aclimatación de plantas completas de café cv. Caturra, de seis meses de edad, a las diferentes concentraciones de CO<sub>2</sub> preestablecidas para tres tratamientos: uno testigo, con concentración atmosférica normal de CO<sub>2</sub> [T1 = 375 μmol<sub>(CO2)</sub> mol<sub>(aire)</sub><sup>-1</sup>] y dos con atmósfera enriquecida [T2 = 375 + 200 μmol<sub>(CO2)</sub> mol<sub>(aire)</sub><sup>-1</sup> y T3 = 375 + 400 μmol<sub>(CO2)</sub> mol<sub>(aire)</sub><sup>-1</sup>].

Se midieron variables de intercambio gaseoso {asimilación neta (A): [μmol<sub>(CO2)</sub> m<sup>-2</sup><sub>(hoja)</sub> día<sup>-1</sup>], respiración oscura (Rd): [μmol<sub>(CO2)</sub> m<sup>-2</sup><sub>(hoja)</sub> día<sup>-1</sup>]

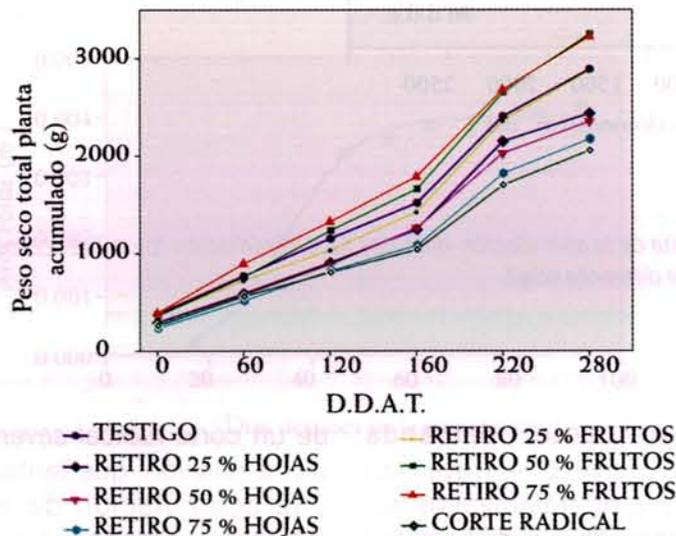


Figura 28. Peso seco acumulado total de la planta (g) para los 0, 60, 120, 160, 220 y 280 d.d.a.t.



## IX. MEJORAMIENTO GENÉTICO Y BIOTECNOLOGÍA

### Selección por resistencia incompleta a la roya del café. MEG0200

**Evaluación de introducciones de origen Etíope por resistencia incompleta a roya:** Durante el período 1999 a 2004, se concluyó la evaluación agronómica y de la resistencia incompleta a la roya en la progenie de 26 selecciones de origen Etíope de *Coffea arabica*, en comparación con testigos poseedores de resistencia incompleta, y con las variedades Caturra (susceptible) y Colombia (resistente). Estas progenies fueron seleccionadas a partir de numerosos experimentos de campo ya concluidos, en los cuales se observó el comportamiento de las introducciones de Etiopía existentes en la Colección Colombiana de Café por su reacción a la broca y a la roya del cafeto, en ambientes favorables a la plaga y a la enfermedad.

El propósito de la presente evaluación, es la selección de progenitores con atributos agronómicos sobresalientes y resistencia a roya para ser utilizados en futuros cruzamientos con genotipos de otras procedencias, también poseedores de resistencia a la roya del cafeto.

Por tratarse de genotipos de porte alto de las plantas, se utilizaron distancias de siembra de 1,5m entre plantas y 2,0m entre surcos, para una densidad de 3.350 plantas/hectárea.

La producción acumulada del período de cosecha comprendido entre julio/2001 a junio/2004, fue de 16,13kg de café cereza/planta (kg de cc/pl) para el experimento, con rango entre 8,25 y 20,78kg de cc/pl, equivalente a una amplitud de 60% respecto al mayor valor. Dos genotipos fueron superiores a la variedad Colombia, los restantes similares al testigo. Usando la prueba de Duncan al 5% se conformaron grupos homogéneos de genotipos cuyos intervalos se sobreponen con los de otros grupos dificultando su separación nítida.

Se analizaron las variables relativas al crecimiento (altura y diámetro de la planta, y número de cruces). Algunas de las progenies expresaron porte alto de sus plantas, y otras a pesar de tener la misma composición genética (ctct) presentaron tipos intermedios entre porte alto y bajo (CtCt). En todas las variables se detectaron diferencias significativas entre tratamientos, debido a la relación directa que existe entre la altura de la planta con el diámetro y el número de pares de ramas.

Se analizó el progreso de la roya y la defoliación durante el período febrero a agosto/2002 en condiciones de alta epidemia, definidas por la incidencia en el testigo Caturra de niveles de enfermedad superiores a 10% al momento de iniciar las evaluaciones. Se realizó una agrupación de los genotipos de acuerdo con la procedencia de los mismos (Provincias de Kaffa, Illubabur, Harrar, Bonga, Goré, etc.). La descomposición ortogonal de la variación corroboró que los grupos de genotipos etíopes a través de las fechas de observación fueron homogéneos dentro de sí y similares entre grupos en su reacción frente a roya. Las diferencias del progreso de la enfermedad registradas en los genotipos con respecto a Caturra fueron de gran magnitud. En estos genotipos la respuesta a roya se caracteriza por unos niveles muy bajos y de muy lento progreso durante el período de las observaciones.

Las características de las semillas (vano, caracol y café supremo) presentaron variación importante entre ellas y respecto de los testigos considerados. Es frecuente observar mayores valores de grano vano y caracol y menores proporciones de café supremo. La selección final permitió reunir un grupo de genotipos sobresalientes por los atributos considerados. Estos materiales serán cruzados con selecciones hechas en derivados de Caturra X Híbrido de Timor, para recombinar la resistencia a la roya existente en ellos y no depender de un sólo recurso genético.

Evaluación regional de selecciones promisorias por resistencia incompleta a la roya del cafeto. En cuatro experimentos regionales realizados entre 1999 y el 2004 en dos ambientes (La Catalina y Paraguaicito) se evaluó la progenie de 39 progenitores seleccionados por resistencia incompleta en experimentos concluidos en la Estación Central. El propósito de los mismos fue observar la respuesta de progenies de diferentes procedencias genealógicas frente a las razas de roya prevalentes existentes en los dos ambientes considerados.

Los genotipos se derivan de diferentes procedencias: 2 de (Caturra X *Canephora*) X N.197, 9 de (Caturra X Portadores de SH1 y SH4), y 28 de (Caturra X Híbrido de Timor). Se incluyeron testigos seleccionados por resistencia incompleta y las variedades Colombia y Caturra. Se midieron las variables producción y reacción a roya (Escala de Eskes - Braghini).

Los resultados mostraron que los genotipos independientemente de su procedencia se comportaron en forma relativamente análoga en las dos localidades. Lo que fue evidente es que la productividad registrada en la Catalina, sin excepción, siempre fue superior a la registrada en Paraguaicito, en proporciones entre 20 y 50% más.

La medida de incidencia y severidad de la roya mostró que las progenies durante el período de observación no alcanzaron niveles de enfermedad que afectaran negativamente la producción. En el testigo susceptible ocurrieron niveles de pérdida por roya entre 10,1 y 14,4%.

**Selección por resistencia a la enfermedad de los frutos del café (*Colletotrichum kahawae*).** Este proyecto tiene por objeto la búsqueda de fuentes de resistencia a CBD mediante evaluación en Portugal de materiales avanzados de mejoramiento y materiales de la colección de germoplasma, mediante pruebas de hipocótilos, la evaluación en Zimbabwe

mediante pruebas de campo de materiales avanzados de mejoramiento, así como también, la evaluación agronómica en Cenicafe de los materiales que presenten resistencia. Las actividades más importantes en este proyecto durante el período correspondiente a este informe están relacionadas con la identificación de resistencia en germoplasma de Cenicafé, mediante pruebas efectuadas en Portugal en condiciones de laboratorio, y el análisis de resultados del segundo año de evaluación de material en Zimbabwe.

**Desarrollo y evaluación agronómica en Colombia, de materiales posiblemente resistentes al CBD.** Para este informe se analizan los datos de producción correspondientes a la primer cosecha ("pepeo" en 2001-2002) y a dos cosechas (2002-2004), así como la primera evaluación de características de granos del experimento MEG3.07 que contiene progenies F2, F3, F4 y F5 de Caturra x Híbrido de Timor; progenies F2 de Cat (Cat x H. de Timor); y progenies F2 de cruces dobles que fueron zoqueadas en el año 2000 para efectuar evaluaciones agronómicas. Los experimentos H. de Timor.

A los experimentos A MEG03.08 y MEG03.09, sembrados en noviembre y en diciembre del año 2000, respectivamente, contienen información sobre el primer "pepeo" y la primera cosecha, pero aun no tienen evaluación de características de grano. El experimento MEG03.08 contiene progenies con resistencia a varios aislamientos de CBD según pruebas efectuadas en el laboratorio, y el MEG03.09, contiene materiales F2 seleccionados de cruces entre germoplasma con probabilidades de poseer resistencia a la enfermedad. Se están realizando cruzamientos entre diferentes genotipos que han presentado resistencia a los diferentes aislamientos en Portugal.

Pruebas efectuadas en el CIFC. Con el fin evaluar la resistencia a los aislamientos Kenya, Zimbabwe1, Zimbabwe9, y Camerún, se enviaron 100 genotipos. Se presentan los

resultados del segundo y tercer envíos del año 2003 y del primer y segundo envíos del año 2004. Los resultados del tercer envío aun no han sido recibidos. Es importante anotar que las 4 introducciones de Híbrido de Timor 1343 y los genotipos Jackson 2 y Local Bronze 8 que presentaron resistencia al aislamiento de Camerún en pruebas hechas el año anterior, en pruebas realizadas para confirmar dicha resistencia no presentaron resistencia a dicho aislamiento.

**Pruebas de campo en Zimbabwe.** Se consulto al Dr. Dumisani Kutwayo sobre la posibilidad de realizar inoculaciones artificiales con CBD en los experimentos. Dado que sí era posible, se dieron instrucciones sobre la forma de realizar dichas inoculaciones con base en la metodología de Van der Vossen H. A. M., R.T. A. Cook, and G. N. W. Murakaru. 1976.

### Evaluación y conservación de germoplasma de café. MEG 05.00

Las actividades realizadas en el año cafetero fueron básicamente las funciones propias de la conservación del germoplasma de café: Mantenimiento de la Colección Colombiana de café, lo cual incluyó la revisión permanente de cada una de las entradas, y la realización de actividades que prolonguen los ciclos vegetativos para retardar las renovaciones, por el riesgo de pérdida de diversidad cuando esta no se hace por métodos asexuales. Se renovaron introducciones en mal estado. Se continuó con la recuperación y sistematización de la información de origen, características y estados del germoplasma. También se llevaron al germoplasma nuevas selecciones. Se suministraron semillas e información para trabajos de investigación dentro del Centro, y para otros propósitos, a otras dependencias de la Federación. Se programó la recolección de muestras para evaluación. Se continuó con las evaluaciones entre otras para roya (*Hemileia vastatrix* Berk y Br.), enfermedad de los frutos (*Colletotrichum Kahawae* Waller y Bridge) (CBD), broca (*Hypothenemus hampei* F.),

catación, de las diferentes entradas dentro de éste o en otros proyectos de la disciplina.

Otros experimentos en los cuales este año se puso el mayor énfasis fueron: MEG 0527, donde se encuentra el Parque Clonal de Variedad Colombia, de los genotipos clonados en este experimento se extrae la semilla básica de Colombia, hay además algunos clones que tienen interés por su resistencia al CBD, se almacenó semilla, se hizo renovación, se eliminaron algunos genotipos, se sembraron nuevas selecciones y se continuaron las evaluaciones permanentes de roya, las cuales junto con las observaciones en los campos productores de semilla sirven para determinar periódicamente los componentes de esta variedad.

También en el MEG 0527, en la parte de clones seleccionados que no han sido ni hacen parte de variedad Colombia, se continuaron los planes de mantenimiento incluyendo los controles de roya en las selecciones susceptibles. Se programó entre otros, el zoqueo de 131 selecciones, podas sanitarias en 49 y la propagación vegetativa de 15, y se eliminaron 41 por diferentes razones entre las cuales las más frecuentes fueron la susceptibilidad a la roya, los duplicados y la identidad genética.

En el MEG 0525, Colección de Variedades de Cenicafé, que tiene como uno de sus objetivos mostrar a los visitantes ejemplos de la diversidad del género *Coffea* y de la especie arábica, se completaron líneas, se llevaron nuevas variedades y cruzamientos interespecíficos y se eliminaron algunas líneas cuyas características no correspondían a las de las entradas.

### Hibridación interespecífica en café. MEG06.00

Este Proyecto tiene por objetivo la formación de poblaciones tetraploides fértiles con caracteres deseables, principalmente de

resistencia de las especies diploides. Se enmarca dentro de los objetivos estratégicos de FNC y de Cenicafe, de reducción de costos, sostenibilidad y productividad agronómica. En este informe se presente el análisis y discusión del experimento MEG 0651. En este experimento se evaluaron treinta progenies  $F_4RC_1$ , provenientes de dos selecciones de la introducción *C. canephora* BP 358, y 4 progenies  $F_2RC_2$  de un progenitor de *C. canephora* no identificado. El experimento se inició en Febrero del 98, y finaliza en diciembre de este año. Durante su desarrollo se hicieron evaluaciones tanto en almácigo, donde se hizo selección dentro de progenies, pues todas mostraron buen comportamiento, con muy pocas plantas anormales y con mal desarrollo, resultado de la selección realizada en las generaciones anteriores. En campo se evaluaron diferentes caracteres agronómicos y de resistencia principalmente a roya, de calidad del grano y de productividad. Como testigos se sembraron las variedades Colombia y Caturra, a esta última se le realizó control permanente de roya.

Los resultados mostraron que en todas las progenies se conservaba la alta resistencia a roya que se había observado en los progenitores, después de 10 evaluaciones hechas semestralmente del 2000 al 2004. En más de la mitad de las progenies no se registró roya, y en la mayoría de las plantas en que la enfermedad si se observó, nunca la calificación máxima en la escala de Eskes y Braghini fue superior a 2, mientras que en la Variedad Caturra, aún con control de roya, las calificaciones máximas estuvieron entre 6 y 8. El crecimiento y vigor de las progenies, medidos por la altura de planta, el número de cruces y el diámetro de la copa a los 15 y a los 25 meses de sembrado en el campo, no difirió del testigo Caturra. Las evaluaciones de los caracteres del fruto, medidas en la cosecha principal durante tres años no mostraron diferencias notables entre años. Las progenies tuvieron un promedio 8,7% de frutos vanos y de 16% de granos caracol, ambos caracteres ligeramente superiores al 6% y 11%,

respectivamente de los testigos. Las progenies  $F_2RC_2$  y muchas de las  $F_4RC_1$  se encontraban dentro de los límites comerciales. El tamaño del grano fue comparativamente bajo en los testigos y en las progenies, sin encontrarse diferencias significativas entre ellos. Es el carácter en el cual debe hacerse mayor énfasis en la selección entre y dentro de progenies, y en la próxima generación. La producción de café cereza por planta evaluada en las cosechas cafeteras de 2000 a 2004 no mostró diferencias estadísticas consistentes, entre el testigo ni en las evaluaciones anuales, ni en los acumulados de años sucesivos.

Lo anterior muestra que en la mayoría de estas progenies se ha logrado transferir la resistencia de roya del progenitor de *C. canephora* y recuperar los principales caracteres agronómicos de las variedades comerciales de arábica. También se corrobora la alta resistencia a la roya del progenitor BP358.

Progenies de las mejores plantas serán evaluadas en diferentes regiones de la zona cafetera, para determinar su estabilidad y evaluar su calidad en taza.

### Construcción de un mapa genético en café y su utilización para la detección de QTL. MEG 1400

Los mapas genéticos basados en marcadores moleculares son una herramienta de gran utilidad para determinar la herencia de caracteres agronómicos de importancia, para conocer el número de genes que influyen un carácter, su localización en los cromosomas, el efecto del número de copias en el genoma en la expresión de un carácter, para estudiar la transmisión de genes específicos o partes del genoma de progenitores a progenies, para clonar genes de importancia con base en sus efectos en el fenotipo, sin requerir conocimiento de sus funciones específicas.



Durante este período las actividades se concentraron en el diseño de primers, su optimización y su evaluación en una muestra representativa del germoplasma de café de Cenicafé, a la construcción del mapa genético en la población F1 de *C. liberica* x *C. eugenioides* y a la estandarización de los marcadores AFLP en café.

Continuando con el trabajo realizado en el período de actividades 2002-2003 para determinar el grado de polimorfismo fueron evaluados 89 microsatélites en la muestra representativa del banco de Germoplasma. La evaluación realizada contó en esta ocasión con 29 de los 30 genotipos utilizados en el trabajo anterior ya que se presentó un problema con el genotipo *C. eugenioides* siendo imposible la obtención de su ADN.

De los 89 primer utilizados 69 provenían de una base de datos de origen francés disponible en (<http://www.univ.trieste.it/~biologia/ricappl/Genetica/COFFEE%20MICROSAT.htm>) y los 20 restantes pertenecían a secuencias obtenidas por los investigadores de Cenicafé. Éstos habían sido sintetizados y estandarizado en el período (2002-2203).

Para el mapa genético diploide durante este período se finalizó la etapa experimental que comprende el proceso de evaluación por PCR y electroforesis de marcadores. Se evaluaron en los padres de la población del mapa de

diploides un total acumulado de 327 marcadores moleculares. Estos comprenden: 112 GA, 123 CA, 72 franceses y 20 EST. De éstos, 196 (60%) resultaron promisorios por su patrón polimórfico y se aplicaron a la población completa de 94 plantas y 2 parentales. Estos comprenden 106 GA, 50 CA, 28 franceses y 12 EST. Para un total de 18.816 datos genotípicos individuales para ser analizados genéticamente y definir los modelos genéticos de segregación que más se ajustan, las proporciones de segregación por locus y las frecuencias de recombinación entre loci.

Hasta el momento se han definido y codificado los modelos genéticos de todos los marcadores de tipo GA, que es el más numeroso. En este grupo se han encontrado 70 microsatélites, de 106 polimórficos en los padres, con posibilidad real de ser mapeados, aunque algunos de ellos (5) podrían ser redundantes o mapear en el mismo punto. Esto debe ser verificado computacionalmente.

Se hizo el análisis de polimorfismo de la población F2 para el mapa genético de *C. arabica*, encontrándose en total alrededor de 220 marcadores polimórficos.

Se estandarizó la técnica de AFLP para café. Se obtuvieron 6 combinaciones de cebadores que resultan en 70 marcadores AFLPs que son polimórficos en la población para mapeo *C. arabica*.

## X. BÚSQUEDA DE RESISTENCIA A LA BROCA.

**Aislamiento, purificación y caracterización de un inhibidor de aspártico proteinasa de leguminosa específico contra las proteasas de broca. MEG1830.** Para obtener variedades resistentes a insectos es necesaria la identificación de las fuentes de resistencia a la plaga y la transferencia de la característica deseada a las variedades comerciales. Hasta el momento, en

el género *Coffea* no se ha encontrado resistencia genética natural a la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Por esto la identificación y caracterización de inhibidores de proteinasas específicos contra las proteasas de broca son una herramienta útil para la obtención de una variedad resistente a la broca mediante ingeniería genética, debido a que no es posible realizar mejoramiento convencional.

Para identificar inhibidores de aspártico proteinasas se evaluaron mediante zimogramas en gel, 22 extractos proteínicos de semillas de las siguientes leguminosas: *Adenantha pavonica*, *Phaseolus lunatus*, *Gliricidia sepium*, *Senegalia glomerosa*, *Phitecellobium dulce*, *Phaseolus vulgaris* var. Radical, *Leucaena leucocephala*, *Leucaena sp.*, *Senna viarum*, *Phaseolus vulgaris*, *Bauhinia purpurea*, *Hymenaea courbaril*, *Centrosema pubescens*, *Vicia faba*, *Senna reticulata*, *Albizia carbonaria*, *Senna septentrionalis*, *Amaranthus cruentus*, *Acacia decumbens*, *Saman samanea*, Raspayuco y Trébol blanco. Esta técnica permite determinar la actividad proteolítica de las proteínas presentes en el gel, un resultado positivo se observa como una banda oscura sobre un fondo claro. Se encontraron inhibidores de proteinasas en los extractos de *A. pavonica*, *P. dulce*, *G. sepium*, *E. rubrinervia*, *P. lunatus*, Raspayuco, *C. pubescens*, *P. vulgaris*, *Acacia decumbens*, *Saman samanea* y *A. carbonaria*.

Posteriormente, se realizaron zimogramas de inhibición en gel para determinar si estos inhibidores son específicos contra las aspártico proteasas de broca, para lo cual las proteínas de broca separadas electroforéticamente se incubaron con los inhibidores de proteinasas; un resultado positivo se aprecia por la ausencia de las bandas de actividad proteolítica de las proteasas de broca. Esta técnica mostró que todos los inhibidores identificados en los zimogramas en gel son específicos contra las proteasas de broca con la excepción del inhibidor de *P. lunatus*.

Para identificar el extracto que produce la mayor inhibición de las proteasas de broca se realizaron ensayos enzimáticos. El porcentaje de inhibición de la actividad de las enzimas de broca fue de 50% con 1.200 $\mu$ g de extracto crudo de *A. decumbens*. Mientras que *L. bogotensis* y *C. pubescens* produjeron una inhibición de 72,8 y 95% con 342,4 y 239,2 $\mu$ g de extracto crudo, respectivamente.

**Búsqueda de genes de resistencia a la broca del café (*Hypothenemus hampei*).**

BTE0508 y BTE1301. Incorporar una variedad resistente a la broca del café (*Hypothenemus hampei*) dentro del MIP lo haría más eficiente y reduciría sus costos. Hasta el momento no se han encontrado fuentes de resistencia genética en el género *Coffea* y por medio de transgénesis es posible obtener tal variedad. Es importante que esta variedad tenga una amplia base genética, la cual tenga incluidos genes que codifiquen proteínas con efecto de antibiosis contra la broca. El objetivo de este trabajo es la identificación de genes inhibidores de  $\mu$ -amilasas y lectinas en diferentes especies vegetales. Para cumplir con este objetivo se realizó en el primer año la selección de las especies vegetales que mostraron tener inhibidores de las amilasas de la broca del café y se clonó el gen del inhibidor de amilasas y la lectina de *P. vulgaris* y se transformaron plantas de tabaco.

En el segundo año se comprobó por PCR y Southern blot, la presencia de los genes del inhibidor de amilasas y de la lectina de *P. vulgaris* en el genoma de las plantas de tabaco transformadas anteriormente con los vectores p1304/CaMV35S y p1391z/450. Se seleccionaron las plantas que dieron positivas y se transfirieron al invernadero para la producción de semilla. Adicionalmente se realizaron bioensayos en dietas artificiales con la proteína pura de *P. vulgaris*, evaluando las 2 subunidades PHA-E y PHA-L para determinar el efecto de antibiosis contra la broca. Al evaluar 1 mg de cada subunidad se encontró un efecto negativo en el tamaño y un retardo en el desarrollo de algunas larvas que consumieron la lectina. Cuando se evaluó una mayor concentración 2mg de cada subunidad se encontró una mortalidad de larvas de broca alrededor del 50%. Estos datos no son concluyentes, teniendo en cuenta que no se contaba con la cantidad suficiente de la proteína purificada para tener las repeticiones necesarias.

También se hicieron bioensayos en dietas artificiales con extractos de maíz y *Brachiaria*, especies vegetales que mostraron más del 50% de inhibición de las amilasas de la broca, en

ensayos espectrofotométricos, utilizando el método de Bernfeld y por zimogramas de inhibición enzimática. En los bioensayos con el extracto de *Brachiaria* se presentó una mortalidad corregida de larvas de broca alrededor del 95% y con el extracto de maíz alrededor del 45%. Adicionalmente, se hicieron ensayos con un producto comercial a base de harina de frijol blanco como fuente de inhibidores de amilasas de esta especie, encontrando mortalidades de larvas de broca alrededor del 60%. Próximamente se clonarán los genes que codifican para los inhibidores de amilasas aislados de *Brachiaria* y maíz.

**Transformación genética de café con vectores que contienen genes de quitinasas.** El Tejido Embriogénico (TE) de café variedad Colombia, BK 620 y BI 625, fue transformado vía *Agrobacterium tumefaciens*, usando la cepa LBA 4404 conteniendo los vectores pBIN 19 arabicina-quitobiosidasa, alfa tubulina-quitobiosidasa, arabicina-endoquitinasa, alfa tubulina-endoquitinasa. Este material se mantuvo en subcultivo durante un año. La primera transformación de TE de café no mostró signos de regeneración. Posteriormente se procedió a un segundo experimento en el cual se utilizó un tejido embriogénico nuevo, el cual fue escogido por haberse regenerado en las pruebas previas a la transformación; pero también se cambiaron la concentración del antibiótico para inhibir el crecimiento de *Agrobacterium* de 300 a 200mg/ml de cefotaxime y el tiempo de permanencia del antibiótico en el medio de regeneración de 60 días a 20 días. Además, se disminuyó de 50 a 25mg/L el antibiótico geneticina, el cual selecciona el material transformado. Con estas variaciones en la metodología se transformó nuevamente el TE de café BK 620 y BI 625. Se hicieron 2 transformaciones con el vector alfa tubulina/endoquitinasa para el BK 620 y 3 para el BI 625, y 2 transformaciones con el vector alfa tubulina/quitobiosidasa para el BK 620 y 3 para el BI 625. En este momento el TE de algunos de los eventos de transformación, tanto para el genotipo BK 620 como para el genotipo BI 625, ha empezado a regenerarse y ya se tienen embriones. De otra parte, con el

fin de obtener nuevo tejido embriogénico de café, BK 620 y BI 625, se ha venido trabajando en embriogénesis somática directa e indirecta, por medio de la siembra de explantes en medio de inducción primario.

**Construcción de vectores de transformación con genes de quitinasas para producir plantas transgénicas resistentes a plagas.** Con el propósito de evaluar la funcionalidad de los vectores para la transformación de plantas que contienen los genes quitinasas, candidatos de inhibición de insectos, bajo el control de los promotores de café, constitutivo (alfa tubulina) o inducible (arabicina), se llevaron a cabo transformaciones de tejido de tabaco *Nicotiana benthamiana* vía *Agrobacterium tumefaciens*. Los vectores evaluados fueron pBin19 - promotor arabicina/gen quitobiosidasa, pBin19 - alfa tubulina/quitobiosidasa, pBin19- arabicina/endoquitinasa y pBin19- alfa tubulina/endoquitinasa. Se obtuvieron un total de 185 plántulas: 35 para Arabicina/quitobiosidasa, 60 para Alfa tubulina/quitobiosidasa, 30 para Arabicina/endoquitinasa y 60 para Alfa tubulina/endoquitinasa. Para cada vector se han evaluado por PCR entre 15 y 30 plantas con el fin de confirmar la presencia del gen *npt II*, y los genes de interés. Los resultados de dichas evaluaciones mostraron que para el vector Arabicina\quitobiosidasa 4 plantas fueron positivas de las 15 evaluadas, para el vector Arabicina\endoquitinasa 15 plantas fueron positivas de las 30 evaluadas, mientras que para Alfa tubulina\endoquitinasa y Alfa tubulina\quitobiosidasa se presentaron 20 plantas positivas de las 25 evaluadas. Dichas plantas se encuentran en el invernadero para la consecución de semilla y así obtener la F1 sobre la cual se realizarán ensayos para determinar la presencia de los genes y las proteínas de interés, y las pruebas biológicas contra insectos lepidópteros.

**Uso de la diversidad genética de *Beauveria bassiana* para el diseño de alternativas de control de la broca del café.** La aplicación de formulaciones basándose en hongos entomopatógenos como

agentes biocontroladores se ha caracterizado por la aplicación de una sola cepa. *Beauveria bassiana* es un hongo entomopatógeno que ha sido utilizado como biocontrolador dentro del plan de manejo integrado de la broca del café en Colombia. A través de un convenio de cofinanciación entre el Ministerio del Medio Ambiente y Cenicafé, con el fin de aprovechar la diversidad genética del hongo *Beauveria spp.*, se caracterizaron genéticamente 11 cepas evaluadas por su virulencia contra la broca, con el fin de evaluar el efecto del uso de mezclas de esporas en la patogenicidad del hongo frente a la broca del café. Para diferenciar genéticamente las cepas, se obtuvo un patrón de bandas característico para cada una, mediante AFLPs. También se amplificaron por PCR los ITSs del ADN ribosomal y parte del gen de la b-tubulina, estos se clonaron y secuenciaron. El análisis cluster de las secuencias permitió la agrupación de las cepas en 3 grupos genéticos. Las cepas de cada uno de estos grupos se mezclaron y se evaluó su patogenicidad frente a la broca. La patogenicidad de cada una de las cepas, a una concentración de  $1 \times 10^6$  esporas/ml, fluctuó entre 57,5% y 89,91%, observándose dos grupos diferentes correspondientes a baja (<80%) y a alta (>85%) patogenicidad. Los resultados obtenidos al evaluar las mezclas, permitieron observar tanto efectos sinérgicos como antagónicos. Al mezclar cepas similares genéticamente, no se observaron diferencias significativas con respecto a la patogenicidad. Cuando se mezclaron cepas con alta patogenicidad (Bb9020, Bb9205 y Bb9023) y genéticamente diferentes se obtuvieron valores de mortalidad significativamente inferiores, alrededor del 57%; mientras que al mezclar cepas con baja patogenicidad (Bb9001, Bb9119 y Bb9024), diferentes genéticamente, se obtuvieron los mayores porcentajes de mortalidad (93%). Mediante AFLPs se obtuvieron patrones mixtos al evaluar las mezclas, lo que confirmó que las cepas coinfectan el insecto, sin predominar un sólo genotipo. El uso de mezclas se convierte en

una alternativa a la utilización de formulaciones monogénicas para el control de la broca y otras plagas.

**Identificación y caracterización de genes responsables de la patogenicidad de *Beauveria bassiana* Bb9205 hacia la broca del café.** El entomopatógeno *Beauveria bassiana* ha sido ampliamente usado como biocontrolador de insectos, siendo de interés el mejoramiento genético del hongo para su uso en el manejo integrado de plagas. A través de un convenio de cofinanciación entre Colciencias y Cenicafé, y con el propósito de identificar los genes o vías metabólicas activadas específicamente durante el ataque sobre la broca del café, se generó una librería diferencial con la cepa Bb9205. Del cDNA obtenido a partir del micelio de *B. bassiana* inducido en medio mínimo suplementado con 10% de broca por 24h, fue extraído el cDNA del hongo cultivado en el medio SDB. En gel de poliacrilamida se separaron al menos 18 fragmentos correspondientes a los genes expresados diferencialmente. En 60 clones secuenciados de estos fragmentos (3X la librería), se encontró un grupo único de 22 secuencias. Los análisis BLASTn y BLASTx, indicaron que el 50% de las secuencias no tienen homología conocida en el GenBank. La secuencia más frecuente en la librería corresponde a una fosfoenol piruvato carboxiquinasa (14%), ya reportada en *B. bassiana*, seguida de una proteína homóloga de la proteinasa PR1J reportada en *Metarhizium anisopliae* (8%), ésta última está asociada a los procesos de patogenicidad e invasión hacia insectos. Se encontraron siete secuencias homólogas a proteínas hipotéticas de hongos, pero con función aún desconocida. Las librerías diferenciales facilitan la identificación de genes y promotores responsables de los procesos de penetración de la cutícula del insecto y la infección en general, y son una herramienta para diseñar alternativas que mejoren el manejo de poblaciones de broca en el ecosistema cafetero colombiano.

# Viabilidad Económica del Café

## I. ECONOMÍAS DE ESCALA



**Evaluación económica de tres sistemas de producción de café. ECO 0502.** Este experimento tiene como objetivos, determinar la viabilidad económica de los sistemas de producción bajo condiciones comerciales, establecer indicadores de productividad para los factores asociados a la producción de café a través de los diferentes ciclos del cultivo y generar información básica que sirva de soporte para construir modelos de producción de café.

**Sistemas de producción.** Los sistemas de producción en estudio, se encuentran en la Estación Central Naranjal, a plena exposición solar y con variedad Colombia. La Tabla 46, describe los sistemas de producción evaluados.

**Tabla 46.**  
Descripción de los sistemas de producción

Sistema	Distancia de Siembra	Sitios/ha	Plantas/sitio	Tallos/planta	Tallos o Plantas/ha	Tipo de Colino
1	1 * 1 m	10.000	1	1	10.000	Normal
2	2 * 1 m	5.000	1	2	10.000	Descopado
3	2 * 1 m	5.000	1	1	5.000	Normal

El experimento se instaló empleando un tamaño de parcela a escala comercial, pues cada tratamiento ocupa una extensión de 0,5 hectáreas, lo cual permite realizar un adecuado costeo de las labores y generar, por lo tanto, información útil para realizar análisis económicos.

**Análisis de los primeros 40 meses del estudio.** A continuación se describen los resultados relacionados con los costos de los primeros 40 meses de edad de las plantaciones. Los análisis se hacen asumiendo la mano de obra y los insumos a precios del año 2004.

**Costo total de los sistemas.** Para estimar los costos totales por sistema de producción, los costos se actualizaron a pesos del año 2004. En este análisis se incluyen los costos relacionados con el manejo agronómico de los cultivos, sin tenerse en cuenta aquellos costos asociados a cosecha y beneficio por considerarse costos proporcionales y corresponden por tanto a los costos de la tecnología de los sistemas de producción.

Según se observa en la Tabla 47, los costos en el sistema 1 han sido superiores en los tres períodos que lleva el estudio, siendo mayor la diferencia en el año de instalación de las plantaciones, diferencia que tiende a reducirse a medida que el cultivo entra en la fase de producción, que corresponde al período 2. Sin embargo, para el último año analizado (2004), los costos de los sistemas 2 y 3 son ligeramente mayores que los del 1. Los costos, en los sistemas 2 y 3 presentan una tendencia similar desde el inicio del estudio.

Tabla 47.  
Costos de la tecnología de producción

Año Civil	Año del ciclo	Sistemas de Producción		
		Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
2001	1	4'175.876	2'221.447	2'170.275
2002	2	1'449.312	1'306.041	1'333.751
2003	3	826.763	884.035	897.618
2004	4	1'532.986	1'638.105	1'633.722
Total		7'984.937	6'049.629	6'035.366

Con relación a los costos de la tecnología de producción de los sistemas, se observa que en los sistemas sembrados a 2m x 1m a los 40 meses de edad de los cultivos son 25% inferiores en comparación con el lote sembrado a 1m x 1m. Éste es sin lugar a dudas un ahorro de recursos significativo, que puede verse desde dos puntos de vista, en primer lugar, para producciones similares esperadas en el ciclo, para los lotes con 10.000 tallos/ha, el descopado estaría ofreciendo ventajas económicas, al tener menores costos; en segundo lugar, con costos similares en ambos lotes sembrados a 2m x 1m (5.000 sitios/ha), el descopado al presentar el doble de tallos por hectárea, tendrá una mayor productividad, con costos de producción similares (específicamente los de manejo de la plantación, sin incluir cosecha y postcosecha).

**Productividad de los sistemas.** La Tabla 48 describe la productividad por hectárea en términos de arrobas de café pergamino seco de los sistemas, para los años que han transcurrido en el estudio, por tanto la información es parcial.

Tabla 48.  
Producción parcial de los sistemas evaluados [@ cps/ha].

Año Civil	Año del ciclo	Sistemas de Producción		
		Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
2001	1	0	0	0
2002	2	23	16	12
2003	3	581,4	410,2	289,3
2004	4	345,7	352,3	243,7
Total en el ciclo		950,1	778,5	545,0

De acuerdo con los resultados obtenidos en producción, hasta los 40 meses de edad, el sistema 1 ha presentado una mayor productividad que los otros dos sistemas, de hecho ha producido 171,6 arrobas más que el sistema 2 y

405 más que el sistema 3. Entre los sistemas 2 y 3 la diferencia es de 233,5 @ cps en el ciclo. La Figura 29 muestra el comportamiento de la producción a través de los diferentes pases, en términos de café cereza recolectado.

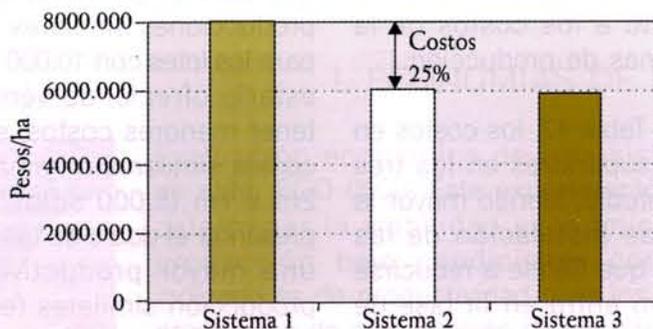


Figura 29. Comparación de los costos totales de los sistemas estudiados, hasta los 40 meses de edad de la plantación

Hasta la fecha de corte de los análisis, se habían llevado a cabo 37 pases en los sistemas 1 y 2, mientras que en el sistema 3 se habían realizado 36. La Figura 30, muestra que en general los pases del sistema 1 han presentado mayores cantidades de café que los de los otros dos sistemas; sin embargo, del total de pases realizados el sistema 2 presenta 11 pases (29%),

con mayores cantidades de café recolectadas que el sistema 1. De estos, once pases, el 63% de ellos han ocurrido durante los últimos meses, lo cual podría indicar cierta tendencia en el sentido de que este sistema habría comenzado a equiparar su producción con el sistema 1, considerando que aun falta parte de la cosecha del 2004 y la de los años 2005 y 2006.

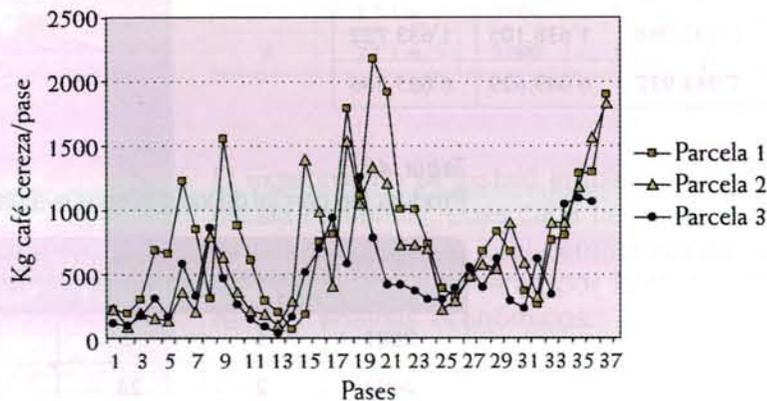


Figura 30. Comportamiento de los pases de recolección en los tres sistemas de producción

El Sistema 3 ha mostrado una clara tendencia a producir siempre menos que los otros dos sistemas, con algunos países que hacen excepción.

**Conclusiones preliminares.** Los resultados observados desde la siembra hasta los primeros 40 meses de edad de los cultivos, muestran que hay diferencias entre los sistemas de producción.

Al analizar en conjunto el costo de las labores agronómicas, las cuales corresponden a la tecnología de producción, se observa que los lotes sembrados a 2m x 1m (descopado y sin descopar), presentan 25% menos de costos.

Sin embargo, para la variable productividad de los sistemas, hasta la fecha de este análisis parcial, el sistema de 1m x 1m, presenta una productividad mayor que los otros dos sistemas, lo cual conduce a un mayor ingreso para este sistema.

Al evaluar económicamente los resultados parciales de los sistemas, es evidente que aunque los tres son viables, pues presentan

valores presentes del flujo de margen bruto positivos, para el período analizado (40 meses), siendo mayores dichos valores para los sistemas 1 y 2, que tienen mayor población de tallos por hectárea.

**Análisis económico de tres métodos de control de arvenses y su efecto en la producción de café. ECO 0202.** En Diciembre de 2002, se sembró el experimento ECO-0202, para evaluar tres métodos de control de arvenses en sistemas de producción de variedad Colombia, sembrados a plena exposición solar y ubicados en la Estación Central Naranjal. El presente resumen abarca los primeros 18 meses de desarrollo del cultivo. Estos tres métodos se evalúan combinados con dos densidades de siembra, generándose entonces seis tratamientos, como se describen en la Tabla 49.

**Sistemas de 10.000 sitios/ha.** Con base en las labores desarrolladas, su frecuencia y los insumos empleados se estimaron los costos del manejo de arvenses en los tres casos, tal como se muestra en la Tabla 50.

**Tabla 49.**  
Tratamientos evaluados.

Sistema (tratamiento)	Descripción	Densidad de siembra (árboles/ha)
MIA1	Manejo Integrado de Arvenses	10.000 (colino normal)
MIA 2	Manejo Integrado de Arvenses	5.000 (descopados)
MM 1	Manejo manual mecánico	10.000 (colino normal)
MM 2	Manejo manual mecánico	5.000 (descopados)
Herb 1	Manejo con Herbicidas	10.000 (colino normal)
Herb 2	Manejo con Herbicidas	5.000 (descopados)



**Tabla 50.** Costos del Manejo de Arvenses, de acuerdo al método utilizado

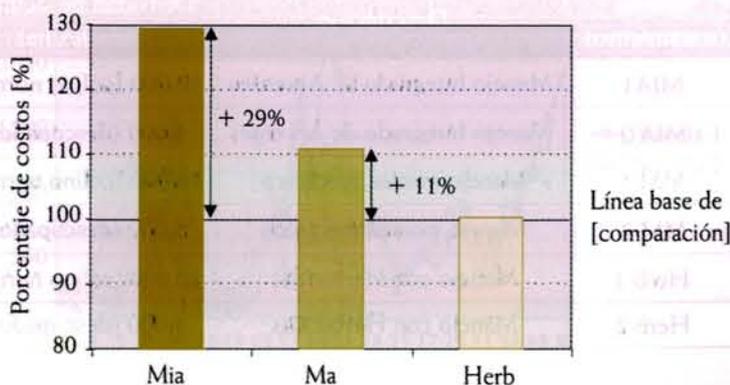
Componente	Métodos de manejo de arvenes					
	Manejo Integrado		Manual Mecánico1		Herbicida2	
	0-12 m	12-18 m	0-12 m	12-18 m	0-12 m	12-18 m
Plateo manual	1'281.540	640.770	1'021.140	736.560	698.275	-
Plateo químico	-	-	-	-	253.870	-
Selector	590.363	351.076	-	-	-	-
Guadaña	-	9.556	437.702	262.621	4.662	2.371
Aspersión de herbicida	-	-	-	-	819.857	440.324
<b>Total costo/período</b>	<b>1'871.903</b>	<b>1'001.402</b>	<b>1'458.842</b>	<b>999.181</b>	<b>1'776.664</b>	<b>442.695</b>

Para el primer año de edad de los cultivos (0-12 meses), los métodos del manejo integrado y el basado en herbicidas presentaron los costos más altos (diferencia inferior a \$100.000/ha entre ellos). El de menor costo fue el manual mecánico. Para el período analizado durante el segundo año, los dos métodos de mayor costo fueron el integrado y el manual mecánico, cuyos costos fueron similares; es evidente que el basado en herbicidas fue el menos costoso de los tres en este caso.

Al totalizar los costos del manejo de arvenses para el período analizado, los 18 meses, se

encuentra que el manejo integrado tiene el mayor costo, seguido del manual mecánico y del basado en herbicidas, que hasta este momento ha resultado el de menor costo. La Figura 31 ilustra este resultado mediante una comparación relativa, asumiendo como base de comparación, el costo de manejo con herbicidas.

**Sistemas de 5.000 sitios/ha.** Con base en las labores desarrolladas, su frecuencia y los insumos empleados se estimaron los costos del manejo de arvenses en los tres casos, tal como se muestra en la Tabla 51.



**Figura 31.** Comparación de los costos de manejo de los tres métodos estudiados.

Tabla 51.  
Costos del Manejo de Arvenses, de acuerdo al método utilizado

Componente	Métodos de manejo de arvenes					
	Manejo Integrado		Manual Mecánico I		Herbicida2	
	0-12 m	12-18 m	0-12 m	12-18 m	0-12 m	12-18 m
Plateo manual	717.340	346.580	772.210	386.105	345.030	49.290
Plateo químico	-	-	-	-	144.107	-
Selector	678.007	422.731	-	-	-	-
Guadaña	84.298	210	472.556	343.677	-	-
Aspersión de herbicida	-	-	-	-	1'014.205	509.756
Total costo/período	1'479.645	769.521	1'244.766	729.782	1'503.342	559.046

Para el primer año de edad de los cultivos (0-12 meses), los métodos del manejo integrado y el basado en herbicidas presentaron los costos más altos [diferencia inferior a \$50.000/ha entre ellos]. El que presentó menor costo fue el manual mecánico. Para el período analizado y durante el segundo año, los dos métodos de mayor costo fueron el integrado y el manual mecánico, cuyos costos fueron similares; es evidente que el basado en herbicidas fue el menos costoso de los tres en este caso.

Cuando se totalizan los costos del manejo de arvenses para todo el período analizado (18 meses), se encuentra que el manejo integrado tiene el mayor costo, seguido del basado en herbicidas y el manual mecánico, que hasta este momento ha resultado el de menores costos. La Figura 32 describe este resultado mediante una comparación relativa, asumiendo como base de comparación el costo de manejo con herbicidas.

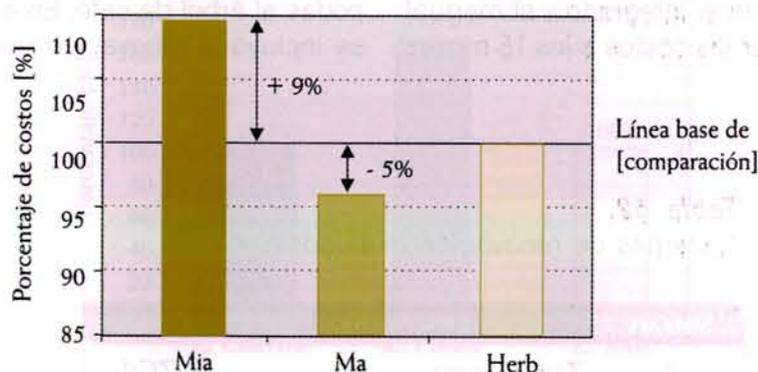


Figura 32. Comparación de los costos de manejo de los tres métodos estudiados.

**Conclusiones Preliminares.** Los resultados observados desde la siembra hasta los primeros 18 meses de edad de los lotes son analizados en dos grupos: sistemas de 10.000 sitios/ha y sistemas de 5.000 sitios/ha y el análisis se dirige fundamentalmente al manejo de las arvenses.

Para los sistemas de 10.000 sitios se observan varios aspectos: En cuanto al manejo de arvenses se observan diferencias importantes entre los tres métodos. Por ejemplo, para el primer año de levante los más costosos fueron el integrado y el de herbicidas; mientras que para el segundo, los de mayor costo fueron el integrado y el manual mecánico. Al hacer un corte de costos a los 18 meses de edad de la plantación y si se compara con el basado en herbicidas, el más costoso ha sido el manejo integrado de arvenses (29% mayor), seguido del manual mecánico (11% mayor). El pläteo es el componente de mayor participación en la estructura de costos del manejo de arvenses, para el método integrado y el manual mecánico.

En el caso de los sistemas de 5.000 sitios, en los costos relacionados con la densidad siembra y el manejo de arvenses se observaron diferencias importantes entre los tres métodos. Por ejemplo, para el primer año de levante los más costosos fueron el integrado y el de herbicidas; mientras que para el segundo, los de mayor costo fueron el integrado y el manual mecánico. Al totalizar los costos a los 18 meses

de edad de la plantación, y si se compara con el basado en herbicidas, el más costoso ha sido el manejo integrado de arvenses (9% mayor), y el menos costoso el manual mecánico (5% menos que el de herbicidas). Al igual que en la densidad anterior, el pläteo es el componente de mayor participación en la estructura de costos del manejo de arvenses, para el método integrado y el manual mecánico.

Los resultados del manejo de integrado de arvenses en los cafetales para las dos densidades de siembra evaluadas, sugieren que los métodos que dependen de la mano de obra, como el manejo integrado y el manual mecánico tienden a ser más costosos, que aquellos en los cuales la mano de obra no es el principal rubro en la estructura de costos.

**Análisis económico de tres sistemas de renovación de cafetales. ECO 0505.** Los tres sistemas de renovación se están evaluando en sistemas de producción sembrados a plena exposición solar, con variedad Colombia y ubicados en la Estación Central Naranjal. El presente resumen cubre los primeros 6 meses de desarrollo del cultivo, que corresponden al período abril - octubre de 2004. La densidad de los lotes es de 5.000 plantas por hectárea.

**Sistemas de renovación.** Los tres sistemas de renovación son los más comúnmente utilizados en la zona central cafetera, mediante podas al árbol de café. En este experimento no se incluyó la renovación por siembra.

**Tabla 52.**  
Sistemas de renovación evaluados

Sistema	Descripción	Código
1	Zoca Calavera	ZCal
2	Zoca Pulmón	Zpul
3	Zoca Total (convencional a 30 cm)	Ztot

Para los tratamientos descritos en la Tabla 52, el manejo agronómico de los lotes se lleva a cabo de acuerdo con los lineamientos propuestos por Cenicafé en los aspectos relacionados con el manejo de las renovaciones, las deschuponadas, las resiembras, la protección a las heridas, el manejo de arvenses, la fertilización, el manejo de broca, entre otros.

Es importante considerar que el manejo agronómico de los lotes no difiere entre los lotes, con la única excepción de los sistemas de renovación de los cafetales utilizados. Estos tres sistemas de renovación se evalúan en lotes de una extensión de aproximadamente 0,2 ha y tienen una población aproximada de 950 árboles.

**Análisis económico de los primeros 6 meses del estudio.** Los costos asociados a la renovación de los lotes aparecen en la Tabla 53, y hacen sólo relación a aquellos en los que se incurre hasta terminar la labor, no incluyen por tanto, costos relacionados con el manejo posterior de los cafetales.

**Costos totales de los sistemas de renovación.** Los costos totales de los tratamientos, incluyendo renovación y levante se describen en la Tabla 54. No se incluye en el costo de la fertilización.

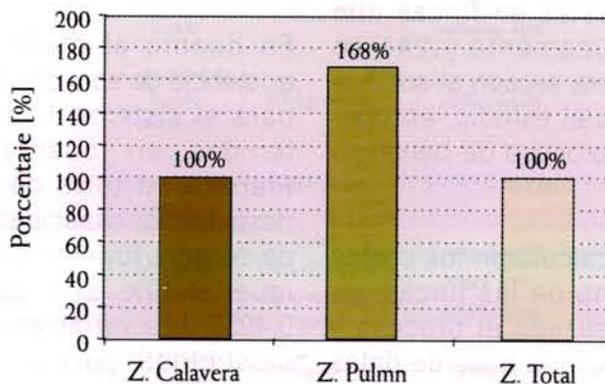
La Figura 33, describe la comparación porcentual entre los costos presentados en cada sistema de renovación, tomando como base de comparación la zoca total (zoca a 30 cm).

**Tabla 53.**  
Costos de la renovación

Sistema	Costo \$/ha
Zoca Calavera	\$209.250
Zoca Pulmón	\$310.000
Zoca Total	\$221.750

**Tabla 54.**  
Costos totales de los tratamientos

Sistema	Costo \$/ha
Zoca Calavera	\$891.849
Zoca Pulmón	\$1'494.978
Zoca Total	\$887.444



**Figura 33.** Comparación relativa de los costos de la renovación y levante de los tres métodos de renovación, hasta los seis meses de edad de la plantación

**Consideraciones preliminares.** Los resultados observados muestran que el menor costo de renovación se alcanza en la zoca calavera, seguida de la zoca convencional y finalmente, el mayor costo se presenta en la zoca pulmón. En la fase de levante, hasta los primeros seis meses, los mayores costos están asociados de nuevo a la zoca pulmón, seguida de la convencional y siendo la de menor costo la calavera; en cuanto al total de los costos, la calavera y la convencional son similares, mientras que la pulmón es 70% más costosa que la zoca normal a 30cm del suelo.

**Determinación de Economías de Escala en el proceso de Beneficio de Café. ECO 0616.** El presente estudio permite conocer a partir de la caracterización de los diferentes sistemas de beneficio, la estructura de costos de estos subsistemas y la existencia o no de economías de escala en los mismos. Este proyecto se desarrolló en los departamentos de Antioquia, Cauca, Huila, Risaralda y Santander, en regiones con características contrastantes. Para la realización de este trabajo se diseñó un formulario el cual, previa capacitación, fue diligenciado por el Servicio de Extensión de cada uno de los municipios tenidos en cuenta para el estudio (25 en total). El tamaño de la muestra fue de 344 fincas cafeteras (1% del total de las fincas cafeteras de los departamentos que conforman el estudio). Se diligenciaron 100 encuestas en fincas que secan el café mecánicamente y 244 en aquellas donde el café fuera secado al sol. Fue condición necesaria para el estudio, escoger fincas que realizaran el proceso de beneficio completo.

A partir de los datos se calcularon los costos de beneficio de cada una de las fincas, de acuerdo a como era realizado el proceso y posteriormente se construyó la base de datos a analizar. Con la información obtenida se hizo una clasificación de los datos en cuatro sistemas de beneficio de café: beneficio convencional con secado solar (58%), beneficio convencional con secado mecánico (11%), beneficio ecológico con secado solar (10%) y

beneficio ecológico con secado mecánico (21%).

Dentro de los resultados se encontró antes de la clasificación por sistemas, una producción promedio de \$1.478/@ de cps, un factor de conversión promedio de 60,8kg de cc/@ de cps. Las características más relevantes de estos sistemas se presentan en la Tabla 55.

Después de la caracterización de los tipos de beneficiadero, se calcularon las funciones para costo variable medio de beneficio y la función para determinar la existencia de economías de escala. Dentro de los resultados más relevantes se encontró que para el sistema uno las variables (con una significancia del 10%) que hacen parte del costo variable medio de beneficio son: costo de recibo, costo de despulpado, costo de transporte de la pulpa, costo de clasificación, costo de lavado, costo de transporte del café pergamino húmedo, costo de secado, costo de empaque y costo de mantenimiento. Todas las variables tuvieron una relación directa con la variable costo variable de beneficio, el coeficiente de cada una de estas variables, por tratarse de una función Tipo Cobb Douglas, representa la elasticidad parcial de cada una de ellas. La variable con mayor elasticidad parcial para este caso fue el costo de secado (0,4392). El  $r^2$  para el modelo fue de 0,8273.

En cuanto al modelo para determinar la existencia de economías de escala, se encontró para el sistema 1, que todas las variables tenidas en cuenta para este modelo (capacidad tolva de recibo, capacidad de despulpado, capacidad de lavado y capacidad de secado) tuvieron una significancia menor o igual al 10%. El  $r^2$  para este modelo fue de 0,4955. Las variables que presentaron mayor elasticidad parcial fueron capacidad de despulpado y capacidad de recibo. El signo negativo de cada una de las elasticidades muestra claramente la incidencia de economías de escala en el sistema de beneficio 1. Puede verse entonces, que incrementos proporcionales en cada una de las capacidades

Tabla 55.  
Características más  
relevantes de los  
sistemas de beneficio

Características	Convencional Solar (sistema 1)	Convencional Mecánico (Sistema 2)	Ecológico Solar (sistema 3)	Ecológico Mecánico (Sistema 4)	
Recibo	% fincas con báscula para recibo	85,95%	86.5%	91%	97%
	Tolva seca	79%	73%	100%	88%
	Capacidad promedio tolva	817kg de cc	2.300kg de cc	1.751kg de cc	6.607kg de cc
	Costo promedio	\$ 144/@ de cps	\$ 73/@ de cps	\$ 97/@ de cps	\$ 60/@ de cps
Despulpado/Becolsub	Transporte a la despulpadora	Gravedad 73%	Gravedad 73%	Gravedad 100%	Gravedad 88%
	Capacidad promedio desp/becol	513kg de cc/h	918,38kg cc/h	Modulo 915kg de cc/h	Modulo 2.519kg de cc/h
	Acción mecánica de la despulpadora	95%	97%	100%	100%
	Costo promedio	\$ 257/@ de cps	\$ 212/@ de cps	\$ 225/@ de cps	\$ 270/@ de cps
Clasificación	Clasificación del café	94%	97%	84%	72%
	Medio más usado para clasificar	Zaranda	Zaranda	Zaranda	Zaranda
	Costo promedio	\$ 169/@ de cps	\$ 102/@ de cps	\$ 63/@ de cps	\$ 46/@ de cps
TP	Transporte de la pulpa	Manual 38% Gravedad 38%	Gravedad 41% Agua 32%	Tornillo sinfín 87%	Gravedad 87%
	Uso de fosa	64%	65%	94%	90%
	Costo promedio	\$ 50 @ de cps	\$ 18/@ de cps	\$ 33/@ de cps	\$ 9/@ de cps
Fermentación	Fermenta el mucilago del café	89%	81%	No	No
	Fermenta en tanques	97%	97%	----	----
Lavado	Medio de lavado	Tanque 72%	Canal de correteo 43%	Lavan adicional al módulo 31%	Lavan adicional al módulo 31%
	Capacidad de lavado promedio	876kg de cb	658kg de cb	914kg de cb	1953kg de cb
	Costo promedio de lavado	\$ 204/@ de	\$ 194/@ de cps	\$ 63/@ de cps	\$ 65/@ de cps
Secado	Medio de secado	Solar Casa elba 31% Patio secador 29%	Mecánico Coke 32% ACPM 27%	Solar Casa elba 34% Patio secador 31%	Mecánico Coke 48% Hulla 25%
	Capacidad promedio	257kg de ch	1.344kg de ch	512kg de ch	3.916kg de ch
	Costo de secado	\$ 845/@ de cps	\$ 1.740/@ de cps	\$ 810/@ de cps	\$ 1.787/@ de cps
Mantenimiento	Realiza mantenimiento	52%	78%	59%	77%
	Costo promedio	\$ 188/@ de cps	\$ 258/@ de cps	\$ 144/@ de cps	\$ 229/@ de cps
Costo Variable Promedio	\$ 2.186/@ de cps ± \$156/@ de cps	\$ 2.754/@ de cps ± \$444/@ de cps	\$ 1.726/@ de cps ± \$215/@ de cps	\$ 2.557/@ de cps ± \$550/@ de cps	

de los subprocesos traen disminuciones en el costo variable medio del beneficio de café. Estudios posteriores podrían ayudar a determinar capacidades óptimas de las diferentes etapas con el fin de obtener los costos mínimos.

Los sistemas 2 y 3, también presentaron economías de escala en algunas de las capacidades de beneficio; sin embargo el sistema 4 no presentó economías de escala, es decir para este sistema fue rechazada la hipótesis de la existencia de éstas.

**Perspectivas de producción de fincas cafeteras del departamento del Risaralda bajo el actual entorno del sector. ECO 0614.** El propósito de este estudio fue identificar las iniciativas tomadas por los caficultores del Departamento de Risaralda para adaptarse al nuevo entorno de la caficultura colombiana, el cual durante la última década ha estado caracterizado, entre otros, por la ruptura del pacto cafetero, precios bajos, sobreoferta del grano, problemas sanitarios, etc. Además, presentar algunas características socioeconómicas de los caficultores que están llevando a cabo modificaciones al proceso productivo del café, para ajustarse a este nuevo contexto.

El trabajo se llevó a cabo en los ocho municipios de mayor producción de café en el departamento del Risaralda, durante el primer semestre del año 2003, y trabajando sobre una muestra de 366 fincas. La unidad de información fue la finca cafetera, y la captura de datos fue realizada por el Servicio de Extensión del departamento, mediante una entrevista semiestructurada, siendo el período de análisis el año civil 2002.

Los resultados del proyecto se dividen en cuatro temas: el primero, muestra las características socioeconómicas del productor en cuanto a género, edad, escolaridad, experiencia como caficultor, tenencia de tierra. Además se describen aspectos relacionados con la producción de café, tales como áreas totales y

áreas en café, densidades de siembra, edad de cultivo, variedades, entre otros.

El segundo tema presenta los cambios relacionados con la producción de café en cuanto a área en café, variedad, densidades de siembra, fertilización, almácigos, renovación, productividad, manejo de broca, manejo de arvenses, mano de obra y beneficio de café. En general, se muestra la satisfacción o no de los caficultores con algunos de estos aspectos, las perspectivas hacia el futuro y las posibles acciones o decisiones a tomar. Dentro de los resultados se encontró que las áreas en café tienden a ser estables; el cambio de variedades continuará hacia variedades de porte bajo; los mayores cambios se dan hacia un aumento de densidad; la tendencia es a reducir la edad promedio del cultivo (caficultura más joven); se manifestó la intención de hacer mayores aplicaciones de fertilizante al cultivo.

En cuanto a los aspectos económicos y administrativos de las fincas cafeteras que hicieron parte del estudio, se encontró que en la mayoría de los casos no se llevan cuentas del ejercicio cafetero, siendo por esta razón quizás, que las decisiones son tomadas con base en la experiencia y sobre la marcha. La mayoría de los caficultores desconoce el costo de producción de café y cerca del 50% están insatisfechos con dicho costo. Como estrategias para reducir los costos de producción se mencionan la disminución en los costos totales o un aumento en la productividad, para ser más competitivos.

Finalmente, en cuanto a las perspectivas que los caficultores tienen de la caficultura, la mayoría (77%) considera que la situación actual de precios es temporal, mientras que el restante 23% considera la situación más definitiva.

En relación con la productividad de la tierra y teniendo en cuenta que el promedio de las fincas fue de 115@ de cps/ha/año, los caficultores consideran que tienen un alto potencial de mejoramiento en este campo. De

igual forma, creen que en promedio la productividad podría alcanzar hasta 195@ de cps/ha/año, con una moda de 200@. Inclusive el tercer cuartil de caficultores consideró que podrían superarse las 250@ de cps/ha/año. La Figura 34, muestra la distribución cuartílica de productividades máximas en opinión de los

caficultores, cada categoría corresponde a un 25% de los encuestados.

Sin embargo, a pesar de que el potencial de producción es mayor que el promedio, sólo el 60% de los caficultores considera que está en capacidad de alcanzar dicho potencial.

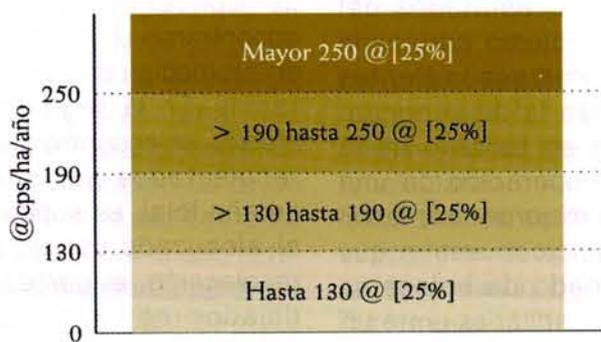


Figura 34. Distribución cuartílica de la máxima productividad alcanzable.

Sobre la viabilidad de la caficultura, en un lapso de tiempo de 5 años, se observó optimismo entre los caficultores, al establecer que la mayoría (cerca al 80%) de ellos así lo perciben, al considerar que ella seguirá siendo viable. Quienes no ven viable la caficultura plantearon una serie de razones que aparecen en la Figura 35.

A pesar de que un 22% no ve viable la caficultura en un escenario temporal de 5 años, la mayoría si cree en su viabilidad. De hecho, las modificaciones consideradas con los sistemas de producción y de contratación de mano de obra, permiten visualizar una actitud positiva hacia la caficultura.

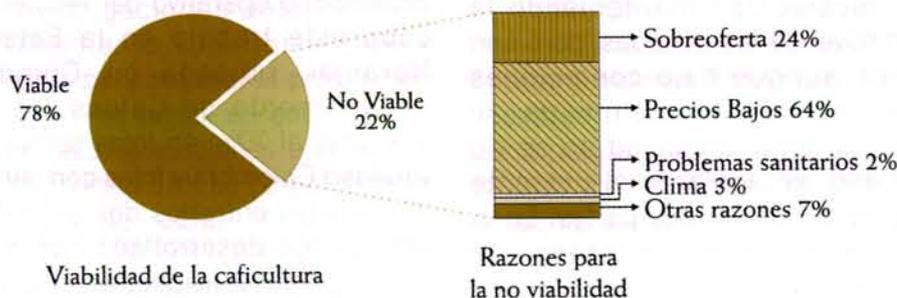


Figura 35. Viabilidad de la caficultura a 5 años



## II. AVANCES EN COSECHA

### Mejoramiento operativo de los procesos de la producción cafetera.

**Estudio operativo para algunas labores del cultivo.** A partir de los resultados del análisis operativo se establecieron para cada labor estudiada las correspondientes expresiones que relacionan la disminución porcentual de los costos en función de la eficiencia y los costos de operación de una futura tecnología dirigida a mejorar cada labor. Los resultados de este ejercicio muestran que para la operación de llenado de bolsas se podrían disminuir los costos unitarios entre un 8 y un 12,9%; para control de arvenses con guadaña hasta un 16,7% y con selector entre el 2,6 y 13,6%; para plateos el 6,5%; fertilización (aplicación de producto) hasta el 9,8% y zoqueo (desrame) entre 9,5 y 19,4%. Todas estas disminuciones se obtuvieron en relación con las actuaciones promedio registradas en el análisis operativo inicial.

**Evaluación del efecto de la concentración de los frutos maduros al emplear los sistemas no selectivos en la recolección manual del café.** En estudios previos se pudo establecer que con sistemas de desprendimiento no selectivo frente al sistema de recolección selectivo tradicional, es posible aumentar en más de un 100% la eficiencia de recolección manteniendo la eficacia y disminuyendo las pérdidas, pero con calidad inferior, aunque bajo condiciones desconocidas de concentración de la maduración en la rama la calidad no se vio afectada. Por ello, se adelantó el presente estudio el cual se dividió en dos partes: En la primera se identificaron patrones de concentración de los frutos maduros en la rama en época de cosecha y en la segunda se evaluó su efecto en los sistemas de desprendimiento no selectivo. Para la identificación, la rama del cafeto se dividió en tercios y se cuantificó si los frutos maduros se concentraron en 1/3, 2/

3 separados (2/3 S), 2/3 contiguos (2/3 C) y 3/3. Los resultados mostraron que la concentración en los 2/3 S, resultó ser la más escasa respecto a los demás patrones en dos evaluaciones realizadas. Los demás patrones de concentración (3/3, 1/3 y 2/3C), se encontraron en el 73% ó más de los árboles, y en promedio por árbol mínimo en el 27% de las ramas. En la segunda parte (evaluación del efecto), se encontró que los kilogramos de café recolectados por hora (eficiencia), con el ordeño total, es superior cinco veces respecto al alcanzado con el método tradicional de recolección; el porcentaje de frutos maduros dejados en la rama (eficacia), fue igual estadísticamente en todas las técnicas de desprendimiento y finalmente el porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada (calidad), para los ordeños parciales estuvo entre el 12,9 y 24,9%, en el ordeño total entre el 18,7 y 58,8%, mientras que en las técnicas de desprendimiento selectivo (método mejorado y método tradicional), fue menor al 2,6%. Estas características de calidad permiten aseverar que para preservar la calidad organoléptica de la bebida colombiana, debe seguirse trabajando con sistemas selectivos.

**Influencia de la altura de la planta del café en el desempeño operativo del recolector.** Con el objetivo de determinar la influencia de la altura de las plantas en el desempeño operativo del recolector, se llevó a cabo este trabajo en la Estación Central Naranjal, ubicada en Chinchiná, en el departamento de Caldas, con pendientes inferiores al 70%, en lotes sembrados con café variedad Colombia y lotes con variedad Caturra, con edades entre los dos y los cinco años. El estudio fue desarrollado con dos grupos de cinco operarios, asignados cada uno, al método tradicional o al método mejorado de la recolección. A los operarios asignados para trabajar con el método mejorado, se les capacitó en la ejecución de las labores correspondientes al método. Se registraron

siete variables antropométricas de interés, las cuales permitieron realizar la conformación de los grupos, de tal forma que cada uno contó con un recolector de sexo femenino, tres operarios de características antropométricas homólogas y uno diferente.

Se efectuaron observaciones directas del desempeño operativo de los grupos de trabajo y los registros de las variables para la cuantificación de los indicadores del proceso. El análisis mostró aumento de la eficiencia operativa de los recolectores una vez capacitados en el método mejorado, entre un 44,3 y un 187,4% y una disminución tanto de los frutos verdes dejados en el suelo como de aquellos encontrados en la masa cosechada, variables asociadas a los indicadores pérdidas y calidad, respectivamente; lo cual permite corroborar la bondad del método propuesto por Vélez *et al.* (1999). Finalmente, los resultados mostraron la influencia de la altura de las plantas sólo en el rendimiento operativo, variable asociada al indicador de eficiencia, bajo las condiciones antes mencionadas.

**Evaluación de un método para la recolección manual del café en Colombia en zonas con pendientes superiores al 70%.** El primer estudio sobre tiempos y movimientos en la cosecha manual del café, realizado por Vélez *et al.* (1999), generó información que sirvió de base para proponer un método mejorado de recolección manual. El trabajo se realizó en plantaciones con una pendiente máxima del 70%. Martínez (2003), continuó las investigaciones anteriores en terrenos con pendiente superior al 70% y propuso estrategias para mejorar el proceso en estas condiciones. Por tanto, en este trabajo se evaluaron las recomendaciones planteadas por Martínez (2003). Para ello, se caracterizaron diez recolectores de café, mediante la realización de pruebas físicas y operativas, y se conformaron dos grupos de tres operarios cada uno, de tal manera que a cada operario le correspondiera un homólogo en el otro grupo. Uno de los grupos, seleccionado aleatoriamente, fue entrenado durante varias jornadas para ejecutar las recomendaciones de

Martínez. Durante el entrenamiento se construyeron curvas de aprendizaje, con el fin de conocer el punto en el cual la actuación del grupo seleccionado cumpliera con estándares operativos y ejecutara correctamente las recomendaciones. Al terminar el entrenamiento se llevaron los dos grupos a un mismo lote de café y se evaluó el desempeño operativo, tanto con el método de Martínez como con el método Tradicional. Los resultados mostraron que el grupo entrenado mejoró el rendimiento entre el 22 y el 60% respecto a la actuación bajo el método Tradicional, es decir, los operarios entrenados recolectaron más café por unidad de tiempo. Para las otras variables asociadas a los indicadores de eficacia, calidad y pérdidas, no se observaron diferencias frente al método Tradicional, bajo las condiciones del experimento.

### Cosecha manual.

Se avanzó en la evaluación de dispositivos diseñados en Cenicafé, con los cuales se busca agilizar la recolección manual y disminuir las pérdidas por caída de frutos al suelo.

**Evaluación de una herramienta de asistencia para la cosecha manual de café.** ING 0143. Proyecto - Código: 2251-07-1286 "Alternativas de cosecha manual y de pequeñas máquinas para la cosecha del café", Cenicafé, Colciencias, Ingesecc.

El nuevo modelo RASELCA II, construido con dedos en poliamida, se evaluó en la cosecha principal del 2004, en El Tambo (Cauca), en árboles de variedad Colombia de segunda cosecha, sembrados a 1,5m x 0,7m. Para la captura de los frutos desprendidos se utilizó una bolsa de caucho fijada al dispositivo mediante remaches tipo Pop.

La carga de café por árbol y la concentración de frutos maduros fueron de 1,43kg y 81%, respectivamente. Los rendimientos obtenidos

con el modelo RASELCA II y el método tradicional fueron estadísticamente iguales, con valores en promedio de 16,9kg/h y 17,9kg/h, respectivamente; este resultado puede atribuirse a la morfología de los árboles, que a esta altitud (>1.700m), presentan menor distancia entre las cruces y entre los nudos más cortos que en la región central cafetera, características que dificultan el empleo del dispositivo. La calidad del café cosechado con RASELCA II fue inferior a la obtenida con el método tradicional (5,3% y 2,6%, respectivamente). Sin embargo, el valor es aceptable si se tiene en cuenta que en cosecha tradicional el porcentaje de frutos inmaduros, sin separarlos en el canasto, con frecuencia es superior al 5%. Como se esperaba, debido al repase manual en cosecha con RASELCA, la eficacia con ambos métodos de recolección fue notoriamente alta, cerca del 100%. Las pérdidas de café con los métodos evaluados fueron altas y el mayor valor promedio se obtuvo con RASELCA II (4,8%).

Para disminuir el costo unitario en cosecha con RASELCA II se propone una metodología para el pago a los recolectores basada en calidad y rendimiento, con la cual sería posible disminuir el costo unitario promedio anual de una finca en Colombia en al menos un 10%.

**Cosecha manual asistida del café cereza mediante el uso de aro, manga, y dispositivo de espalda (AM&DE). ING 0151.** En Cenicafé se desarrolló un prototipo ergonómico de asistencia para la recolección manual de café cereza, denominado AroAndes (equipo de aro manga y recipiente de espalda). El dispositivo permite cargar el café cosechado en la espalda y disminuir los movimientos de las manos y los brazos. El dispositivo fue construido con un aro o cercha flexible con forma elíptica que se sujeta mediante remaches tipo pop a un marco de PVC, y se fija al antebrazo del recolector; también se adaptó una funda fabricada en tela sintética a manera de conducto, desde el aro hasta el recipiente de espalda, que con un movimiento del brazo del recolector permite transportar los frutos desprendidos hacia atrás.

Con este experimento se desarrolló un proceso de familiarización y aprendizaje de los movimientos para cosechar café con la nueva tecnología. Se evaluó operativamente en relación con la cosecha manual tradicional (testigo) en cafetales de variedad Colombia de segunda cosecha, con una distancia de siembra de 1,5m x 1,2m y una densidad de 6.900 árboles/ha. Con el uso de este dispositivo, se evidenció que, el número de frutos en el suelo y los frutos maduros sin cosechar fue menor con respecto al testigo, 4,4 y 2,08 respectivamente. Además, se observó que el porcentaje promedio de frutos verdes en la masa cosechada fue 6,93% mayor que el testigo; los rendimientos obtenidos con el dispositivo y el testigo fueron estadísticamente iguales (15,1kg/h y 13,0kg/h, respectivamente). Se concluyó que se facilitó el desplazamiento en el cafetal y la recolección de los frutos caídos al suelo, además se aumentó la visibilidad a causa de su uso.

**Estudio técnico y económico de un sistema manual de recolección de alto rendimiento. ING0159.** Se pretende evaluar técnica y económicamente un sistema de recolección manual con el cual se puedan disminuir los costos unitarios de la labor, sin afectar los ingresos de los recolectores. Para esta vigencia se desarrollaron dos pruebas preliminares con recolectores remunerados al jornal. En la primera prueba, se verificó que al eliminar los controles de eficacia el rendimiento de los recolectores se incrementó, pero el porcentaje de café cosechado disminuyó en relación con el sistema tradicional. Con los anteriores resultados se desarrolló un ejercicio de costos que indicó aumento en el costo unitario de la labor, resultado contrario a lo deseado. En la segunda prueba preliminar, desarrollada igualmente sin el control de eficacia, los recolectores no incrementaron el rendimiento operativo en relación con el sistema tradicional, pero aumentaron el porcentaje de café cosechado. Con estos resultados, el ejercicio de costos mostró una disminución en los costos unitarios de la labor del 4,65% respecto los costos con el sistema

convencional. Pruebas similares a las anteriores, pero con personal pagado a destajo, se desarrollarán en este período de cosecha, y a partir de sus resultados se definirá la conveniencia de presentar una propuesta formal y completa para la aprobación del Comité Coordinador de Investigaciones de Cenicafé.

### Cosecha Manual Asistida.

Se continuó con la evaluación de los dispositivos diseñados en Cenicafé para asistir la recolección manual del café, con los cuales se busca eliminar algunos micromovimientos identificados por Vélez *et al.* (1999), para incrementar el rendimiento operativo y disminuir el costo unitario (\$/kg).

**Dispositivo portátil para la cosecha de café con la aplicación de momentos flectores a los frutos – Descafé. ING 01-11.** Proyecto – Código: 2251-07-1286 "Alternativas de cosecha manual y de pequeñas máquinas para la cosecha del café", Cenicafé, Colciencias, Ingesecc.

Se rediseñó el dispositivo para accionarlo con un micromotor DC de 84,5W. Adicionalmente, se reemplazó el sistema de acople y cierre de la herramienta por un sistema de apertura rápida para el ingreso de ésta a la rama.

En el laboratorio se midió el consumo de corriente del motor eléctrico acoplado a la herramienta DESCAFE, utilizando un método indirecto, en el cual se mide la caída de voltaje a través de una resistencia (Resistencia Shunt) de valor conocido y a partir de este valor se obtiene la corriente que circula por el motor. Se utilizó un osciloscopio Fluke ScopeMeter<sup>®</sup>, que permite registrar el voltaje a través del tiempo. Se realizaron mediciones para diferentes velocidades de rotación del minimotor (1.350, 1.000, y 700rpm), con diferentes solicitudes de carga. La carga fue proporcionada por el número de cauchos que

actuaban sobre la rama de café (uno, dos y tres piñones de caucho por eje).

Al operarla con dos rotores de caucho en cada uno de los ejes se logra buena alineación y guía sobre la rama. A 700rpm se dificulta el avance longitudinal de la herramienta, debido a que se presentan atascamientos que incrementan el consumo de corriente del motor. A 1.000 y 1.350rpm el avance de la herramienta sobre la rama es constante y fluido. Los resultados obtenidos indican que el mejor funcionamiento de la herramienta se logra operándola a 1.000rpm.

El nuevo dispositivo se evaluará en la estación experimental La Catalina, en la cosecha principal del 2005.

**Cosecha asistida de frutos maduros por vibro-impactos controlados a ramas de café. ING 0144.** En este período se evaluaron 3 prototipos de cosecha asistida de frutos maduros por medio de equipos mecánicos capaces de producir vibro-impactos a las ramas del cafeto. En particular, el último prototipo construido, provisto de un motor de corriente directa que mueve un sistema de biela-manivela, vislumbró una muy posible dirección para el equipo final previsto. Los desarrollos prácticos se han trabajado paralelamente con un estudio profundo de la dinámica, la modelación de los equipos mecánicos y de los componentes biológicos del cafeto, para el diseño del control del sistema mecatrónico propuesto, que se inició durante este período. Es muy probable que en el próximo año pueda disponerse del cosechador que impacta las ramas con el control humano, complementado con un equipo de control electrónico, capaz de calificar el tipo de rama que encuentra para perturbarla en forma inteligente, proporcionándole la energía por medio de impactos controlados de forma que sólo se desprendan los granos maduros. El sistema de recolección será una variante del equipo AROANDES. En efecto, el aro inicial que se diseñó para la recolección de los frutos maduros de este experimento permitió

complementar el equipo de cosecha manual asistida conocido como el equipo "Robocop" o cosechador manual de "mancornas", construido en el año de 1996, y que estaba compuesto de dos mini-tolvas metálicas suspendidas de las mangas del cosechador, dos tubos flexibles y un recipiente de espalda que funcionó bajo los mismos principios del equipo AROANDES. Los cambios efectuados fueron simplemente la sustitución de las dos tolvas metálicas por el aro y los tubos por la manga. Su fundamento y su sistema de operación inicial se mantuvo igual al utilizado en el AROANDES.

**Cosecha de café con la aplicación de impacto a los frutos y/ramas (imfra).** ING 0145. Proyecto - Código: 2251-07-1286 "Alternativas de cosecha manual y de pequeñas máquinas para la cosecha del café", Cenicafé, Colciencias, Ingsec.

Se fabricaron equipos portátiles para la cosecha del café con la aplicación de impacto a los frutos y ramas (IMFRA-3DC) utilizando micromotores DC de 84,5W y 70mNm. Los micromotores pueden ser operados por medio de cuatro baterías de 12VDC y 4A conectadas en serie, con las cuales se dispone de carga suficiente para trabajar en la cosecha de café durante dos días o con cuatro baterías de 12VDC de 2A, que permitirían trabajar durante ocho horas. Al

considerar el desempeño del operario, los picos de corriente en el motor y su duración, la duración de la carga de la batería, el costo y el peso de la batería (importante desde el punto de vista ergonómico), la velocidad más apropiada para trabajar en cosecha de café con el IMFRA-3DC es de 1.000rpm. A esta velocidad la fuerza con la cual la herramienta golpea los frutos es 42,16N.

La energía requerida para desprender frutos de café con el equipo IMFRA-3DC es de 20,6mN.m. Si se consideran la energía generada por el mecanismo, las pérdidas por fricción y el valor anterior, con el IMFRA-3DC podrían desprenderse tres frutos simultáneamente.

La primera evaluación con el IMFRA 3DC se realizó en la finca "El Rastrojo", ubicada en el municipio de Timbio (Cauca), durante el mes de mayo de 2004, en árboles de café de la variedad Colombia de segunda cosecha con dos chupones, sembrados a 1,5m x 1m y en un lote con una topografía plana. El dispositivo fue operado por una sola persona, y se impactaron de forma generalizada los nudos (racimos con frutos), cuando éstos presentaban un alto porcentaje de frutos maduros. También se desprendieron frutos maduros impactándolos individualmente y sin tocar los frutos verdes, cuando los racimos no estaban completamente maduros (Figura 36).

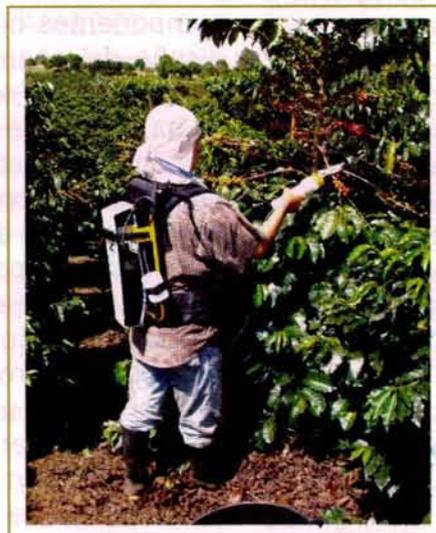


Figura 36. Equipo portátil para la cosecha del café IMFRA 3DC, desarrollado en Cenicafé por Oliveros et al. (2004).

La carga promedio y el porcentaje promedio de frutos maduros al momento de la cosecha fueron 1.428,6g y 80,7%, respectivamente; condiciones favorables para el trabajo con la herramienta IMFRA 3DC. El rendimiento neto obtenido (33,7kg/h), fue inferior al observado en los cafetales de la región cafetera central en el 2003 (70kg/h), pero notoriamente superior al observado en la cosecha manual tradicional en cafetales con similares características (15kg/h a 17kg/h). La calidad de la recolección mejoró sensiblemente con la práctica en el manejo del equipo, y pasó de 10,3% de frutos inmaduros en la masa cosechada el primer día de trabajo a 4,3% en el cuarto día. La eficacia fue cercana al 80%, la cual es aceptable para esta tecnología que requiere de un repase manual.

Se desarrolló una metodología para el empleo del IMFRA 3DC en la cosecha de café, basada en calidad y rendimiento, con la cual se podría disminuir el costo unitario de la recolección en más del 15%. En la cosecha principal del 2004 en la estación La Catalina y en la cosecha principal del 2005 en El Tambo (Cauca), se iniciará la evaluación de la nueva metodología.

### Cosecha semi - mecanizada

Actualmente, se realizan las evaluaciones de un equipo de fabricación comercial con especificaciones adecuadas para el trabajo en plantaciones de café con altas densidades de siembra, localizadas en terrenos húmedos con pendiente moderada – alta (30% al 60%). Con esta tecnología se busca incrementar el rendimiento operativo en más del 500% y disminuir el costo unitario (\$/kg) en más del 20%.

**Evaluación de un vibrador portátil del tallo en la cosecha del café. ING 0146.**  
Proyecto – Código: 2251-07-1286 "Alternativas

de cosecha manual y de pequeñas máquinas para la cosecha del café", Cenicafé, Colciencias, Ingesecc.

Los vibradores portátiles del tronco (VPT's) son una alternativa promisoría para la recolección del café en los días de mayor flujo de cosecha o días "pico" donde, como en la región central cafetera, se recoge entre el 50 y 60% del total anual de la cosecha (Figura 37). En ensayos realizados en Cenicafé en árboles de 2ª, 3ª, 4ª y 5ª cosecha, con equipos Cifarelli SC700 y utilizando mallas para la captura de los frutos desprendidos, se han observado incrementos en el rendimiento operativo superiores al 300% y potenciales de hasta el 1.000%, si se disminuye en un 50% el tiempo empleado en las labores con las mallas.

En la cosecha de café con vibradores portátiles del tronco (VPT's) se desprenden gran cantidad de hojas las cuales deben ser retiradas para permitir el funcionamiento adecuado de las máquinas en el beneficiadero, principalmente las despulpadoras. El tiempo empleado para retirar las hojas manualmente en el campo es alto (hasta 22,5% del tiempo total empleado en cosecha) por lo cual, para incrementar el rendimiento con VPT's, se evaluaron los siguientes dispositivos que permiten la separación de este material en el beneficiadero: separador neumático, zaranda circular, separador de banda y separador hidráulico. El mejor resultado, al considerar conjuntamente el rendimiento y la eficacia de separación se obtuvo con el dispositivo hidráulico, 3.089kg/h y 81,9%, respectivamente.

De igual forma, se propone una metodología para la cosecha de café con VPT's, basada en calidad y rendimiento, con la cual se podría disminuir el costo unitario de cosecha de café hasta en un 51,2% con relación al valor pagado en la cosecha principal en la región central cafetera en el 2004 (\$200/kg), y con unos ingresos al trabajador de \$41.821/jornada.



Figura 37. Vibrador portátil Cifarelli SC700 evaluado en la cosecha del café

### Cosecha mecanizada

Se busca desarrollar tecnologías de alto rendimiento que puedan utilizarse en cafetales de alta densidad, con captura simultánea de los frutos desprendidos, en terrenos con pendiente moderadas y altas.

De igual forma, se evalúan tecnologías desarrolladas para productos con los cuales se busca incrementar la eficiencia de la mano de obra y disminuir el costo unitario de producción.

**Tecnología para el desplazamiento de un equipo para la cosecha mecanizada del café en terrenos de alta pendiente. ING-0152.** Durante este período se ejecutaron las labores necesarias para poner a punto la máquina que se desplaza hacia arriba y hacia abajo en una pendiente, antes de su evaluación en el laboratorio. Dentro de estas labores se destaca la realización de todas las conexiones electro-hidráulicas y de los controles necesarios para la evaluación en laboratorio sin necesidad del sistema que hale la máquina.

Con el ánimo de encontrar agitadores eficientes y eficaces para la cosecha mecanizada del café, se desarrolló un concepto que busca remediar las dificultades observadas en los anteriores sistemas de agitación uno a

uno, el cual puede hacerse continuo, al menos para trabajar en terrenos ligeramente inclinados. En el diseño de la estructura se consideró que los frutos de café se desprenden más por fatiga que por cualquier otro principio.

El sistema consiste de una estructura que agita los árboles de café en dirección transversal a medida que se desplaza siguiendo los surcos. La estructura es estrecha y rígida, y cuando se desplaza obliga a las ramas a introducirse en su interior, con lo cual se busca que el sistema estructura - árbol se comporte como una sola estructura, de esta forma puede mejorarse la transmisibilidad, con relación a lo observado en agitadores portátiles del tallo. Con lo anterior, se busca que el conjunto, por su rigidez, permita igual frecuencia de vibración en todas las partes del árbol evitando la presencia de nodos y antinodos, posiblemente causantes de la poca selectividad de otros sistemas. La agitación al árbol puede hacerse de dos maneras: sobre el tallo y las ramas, o solamente sobre las ramas. La primera es más efectiva pero tiene como el problema que si la superficie de contacto con el tallo no es lo suficientemente lisa puede inducir daño mecánico sobre la corteza, lo que perjudica posteriores cosechas de la planta. La segunda configuración tiene como desventaja que la amplitud de vibración es más pequeña en el interior del árbol que en el exterior. Para probar



Figura 38. Estructura construida para probar el principio de agitación

el principio se construyó un primer dispositivo que se presenta en la Figura 38. Hasta el momento se ha observado buena transmisibilidad y puede considerarse un sistema promisorio para la agitación continua, pero se requiere trabajar con mayores amplitudes y estructuras con menor masa para que el dispositivo sea más efectivo.

#### Evaluación de una aspiradora portátil en la recolección de frutos de café caídos al suelo durante la cosecha. ING 14-3.

Para la evaluación del efecto de la recolección de los frutos de café caídos al suelo durante la recolección y los niveles de broca en campo en el café de las cosechas siguientes, se utilizó un equipo portátil de fabricación comercial, operado por un motor de dos tiempos de 77cm<sup>3</sup> (3,6kW), el cual acciona un ventilador centrífugo que genera la succión adecuada para recoger varios frutos simultáneamente, retirar las hojas, y depositarlos en una tolva que se encuentra en la espalda del operario. La investigación se realizó en diez fincas (cinco en Caldas y las otras cinco en los departamentos de Antioquia, Cauca, Quindío, Risaralda y Valle). En cada finca se trabajó en cuatro parcelas, cada una con 1.000 sitios aproximadamente. Los tratamientos evaluados fueron la aspiración en el 100, 70, 35 y 0% (testigo, sin aspiración). Los primeros ensayos se realizaron una vez finalizó el último pase de

la cosecha principal del 2003 (finales de diciembre de 2003 y enero de 2004).

La capacidad de campo varió entre 0,3 y 1,28ha/día y el costo total (incluyendo el valor inicial del equipo y su operación) varió entre \$24.469/ha y \$ 107.041/ha, que equivalen a 0,7@cps y 3,1@cps, a precios de la cosecha principal del 2004, respectivamente. La eficacia máxima obtenida en campo fue de 84%, aunque se presentaron valores notoriamente inferiores en algunas fincas por la dificultad para ubicar los frutos en los platos de los árboles, debido a la presencia de la hojarasca. En la cosecha de "mitaca", con excepción de las Fincas El Carmen (Chinchiná) y La Soledad (Palestina), los valores de la relación café cereza a café pergamino seco (RCS) fueron inferiores a 5,0; lo cual indicó que el café presentó una buena calidad física. Solamente en la finca La Granada (Antioquia) se observó un ligero efecto de los tratamientos en el valor de la RCS, el cual se incrementó a medida que disminuyó el número de sitios aspirados/parcela.

En cada una de las parcelas de las fincas evaluadas se extrajo una muestra de café cereza, la cual se benefició y se determinó el factor de rendimiento en trilla (FRT). Los mejores valores se obtuvieron en las fincas La Granada (88,9 a 89,4) y Tasmania (93,0 a 95,0).



Los valores más altos (menor precio de compra del café) correspondieron a las fincas El Carmen (164,9, en la parcela con 100% de aspiración y 170,2, en la parcela testigo) y La Ilusión (112,3 en la parcela con 100% de aspiración y 134,4 en la parcela testigo). En general, en la cosecha de "mitaca" no se observó un impacto claro de la recolección de los frutos en los platos de los árboles en el valor del FRT. Esta respuesta podría deberse al efecto aislado o combinado de varios factores, entre ellos: la baja eficacia de la aspiración (mencionada anteriormente), la infestación proveniente de otros lotes o fincas y el excesivo tiempo entre el último pase de la cosecha principal y la aspiración de las parcelas; lo anterior se presentó porque en la mayoría de las fincas, especialmente en Caldas, la cosecha principal se extendió hasta enero del 2004. En estas condiciones, la broca podría completar su ciclo en los frutos caídos al suelo y nuevamente atacar los frutos en los árboles. En estas parcelas se observó gran número de

chapolas y frutos secos en los platos de los árboles.

En algunas fincas la infestación de broca en la parcela testigo fue inferior a la observada en las parcelas con recolección de frutos del suelo, inclusive en el 100% de los sitios. Estos resultados sugieren que la dinámica de la broca no está limitada solamente a las condiciones internas en cada parcela (nivel inicial de broca, frutos caídos al suelo/sitio, etc.) sino que existe presión externa, en el mismo lote donde está localizada la parcela e inclusive en fincas aledañas (caso de la finca La Soledad, en la parcela con aspiración del 100% de los sitios) que puede influenciarla.

Si embargo, en general, en algunas fincas (La Ilusión, La Serranía y La Granada, especialmente) se observa que los niveles de infestación tienden a ser menores a medida que se incrementa el porcentaje de aspiración y menores que en los testigos.

### III. AVANCES EN BENEFICIO

Durante este período se han desarrollado y evaluado nuevas tecnologías que contribuirán al aseguramiento de la calidad durante el proceso del beneficio del café y permitirán disminuir el costo unitario de procesamiento (\$/kg).

**Evaluación de un separador de flotes de café hidráulico/mecánico (shm-600). ING 1119.** Con el fin de llevar a pequeños y medianos productores las ventajas de la separación hidráulica del café, separación de flotes y materiales duros que dañan las despulpadoras, sin las desventajas asociadas (altos costos y alto consumo y contaminación del agua), se partió de la tecnología desarrollada por Oliveros y González (2003), para el diseño de un dispositivo denominado Separador Hidráulico Mecánico (SHM) (Figura 39), el cual consta de:

- Un tanque fabricado en lámina Cold rolled calibre 20, en forma de pirámide cuadrada invertida, de 67cm de lado y 54cm de altura, con una capacidad aproximada de 0,08m<sup>3</sup> y un desagüe en la parte inferior compuesto por tubo y tapón de 76mm (3")
- Un tornillo sinfín elevador de frutos, inclinado 60° con relación a la horizontal, de 2m de longitud, con capacidad para transportar hasta 1.000kg de cc/h. Tiene un paso de 10cm ubicado en el interior de un tubo de PCV de 100mm (4"); su eje es un tubo conduit de 1½", soportado en el extremo superior por una chumacera de pared y en el extremo inferior por un buje en bronce por encima del cual se encuentra su desagüe compuesto por un tubo y tapón de 3". También en su extremo inferior y a una altura de 50mm con respecto al

desagüe del tanque, se ubica una compuerta (tipo "guillotina") de 20cm x 9cm de longitud, que controla el ingreso de la masa de café cereza.

- El tornillo sinfín es accionado por el motor de la despulpadora. La transmisión de la potencia consta de una polea de 2" unida por una banda con tensor a otra de 4", que a su vez transmite el movimiento a un eje horizontal de 60cm soportado en dos

chumaceras de pie de 1", al cual se fijan dos juntas universales finalmente unidas al eje del tornillo sinfín que gira en vacío a 94rpm.

- La extracción de los flotes y el material extraño liviano se realiza manualmente con ayuda de un recipiente perforado.

El equipo es accionado por el motor de la despulpadora. Actualmente, se está evaluando el desempeño del equipo.



*Figura 39. Equipo desarrollado por Cenicafé para separar flotes y objetos duros presentes en el café cereza.*

**Evaluación de dos cubiertas plásticas en el secador solar del café. ING 0827.** Las propiedades ópticas, transmisión de luz total (400nm – 700nm), transmisión de luz difusa (400nm – 700nm), termicidad y bloqueo de rayos UV (a 340nm) de dos cubiertas plásticas utilizadas en secadores solares parabólicos (AGROCLEAR y AGROPLAS), varían muy poco después de estar expuestas a las condiciones ambientales de Chinchiná durante 2 años. Al contrario, propiedades mecánicas de estos materiales plásticos, como la resistencia al rasgado, la resistencia a la tensión y la elongación en el punto de rotura, sí varían notoriamente después de dos años de

exposición, presentando un deterioro pronunciado. La propiedad mecánica que más variación tuvo fue la elongación en el punto de rotura, 70 al 100% en las direcciones paralela (DM) y transversal a la deformación (DT), seguida de la resistencia al rasgado, con variaciones de 70 al 80% en las direcciones DM y DT.

El piso de concreto del secador parabólico tipo Cenicafé se reemplazó por una malla plástica, fabricada en polietileno de alta densidad, con aberturas de 4,4mm x 4,4mm, con hilo de 1mm de diámetro (Figura 40A). En las primeras evaluaciones se ha observado una reducción

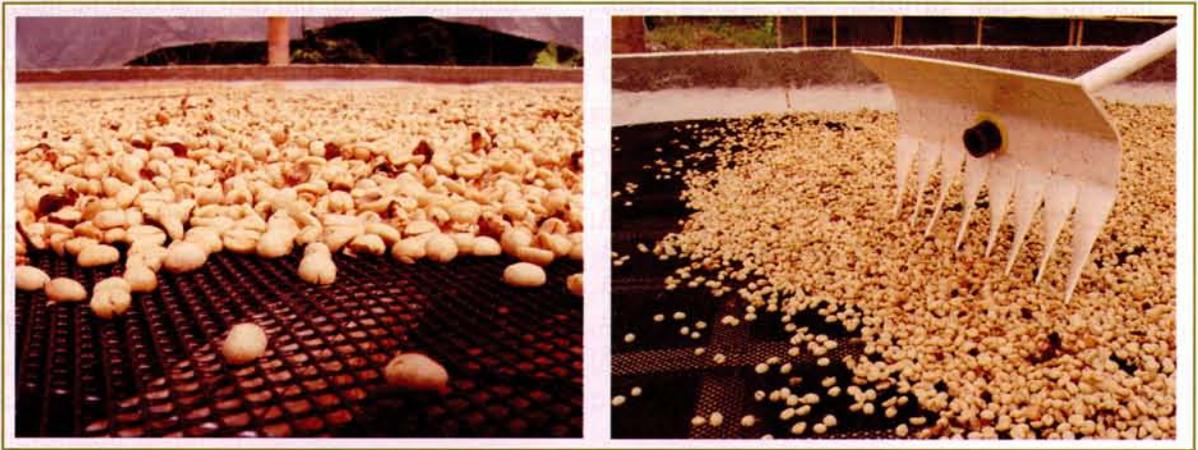


Figura 40 A). Piso en malla plástica utilizado en el secador parabólico tipo Cenicafé. B) Nuevo modelo de rastrillo diseñado en Cenicafé para revolver café

de hasta el 50% en el tiempo de secado. El costo unitario con la nueva malla es de \$26.883/m<sup>2</sup> (21,3% inferior al costo con piso de concreto).

También, se presenta un nuevo modelo de rastrillo para revolver y transportar café en secadores solares (Figura 40B), con mejor adaptación al operario que el anterior presentado por Oliveros (2003).

**Analizador óptico para frutos de café. ING 0155.** Se busca desarrollar un dispositivo electrónico para identificar frutos de café de diferentes estados de maduración: verde, pintón, maduro, sobremaduro y seco.

Con base en la teoría del color, se plantea el uso de sensores ópticos capaces de responder a variaciones de color de los elementos observados (frutos de café). Gracias a la revisión de literatura y al análisis hecho a las selectoras

de café almendra se podría llegar a un sistema óptico capaz de identificar frutos de café, verdes principalmente, para retirarlos del proceso de beneficio.

En la primera etapa de la metodología propuesta, se plantea diseñar y construir todo el sistema de visión y análisis optoelectrónico. En la segunda etapa se evaluará el dispositivo con muestras preparadas que contengan diversos porcentajes de estados de maduración.

Los resultados obtenidos hasta hoy indican que sería posible identificar los frutos de café en sus diferentes estados de desarrollo y separar los frutos maduros, utilizando tecnología sencilla y de bajo costo relativamente, y de esta forma obtener la mejor calidad posible del café cosechado en forma tradicional o con máquinas.

# Calidad y Cafés Especiales

---

## I. CALIDAD DEL CAFÉ

En el área de calidad y cafés especiales se desarrollaron varios experimentos y ensayos de investigación sobre los procesos, la calidad, la inocuidad y la composición química del café, buscando generar conocimientos y tecnologías para mejorar los procesos, conservar la calidad y asegurar la inocuidad del café de Colombia. En el área de cafés especiales, también se están buscando métodos y sustancias que permitan la diferenciación del café de Colombia entre regiones y del café de otras procedencias geográficas y botánicas. Además, se realizaron diversas actividades de capacitación de los caficultores y los extensionistas, encaminadas a la divulgación y desarrollo de las Buenas Prácticas de Higiene y las Buenas Prácticas de Proceso, para el manejo del café en la finca.

**Mejoramiento de la calidad por medio de la prevención de formación de mohos. QIN3501.** En el desarrollo de este proyecto, de octubre de 2003 a septiembre de 2004, se realizaron las siguientes actividades:

- Ensayos de beneficio y secado, para el estudio de los riesgos para la calidad del café durante estos procesos. Además de las evaluaciones de la calidad física, organoléptica y sanitaria del café.
- Estudio de los riesgos para la calidad del café durante el almacenamiento del café comercial, mediante la evaluación de la calidad física, organoléptica y sanitaria del café comercializado y almacenado.
- Medición de la actividad del agua en el café.
- Estudios de mohos y su relación con las características de proceso, las condiciones de higiene y el secado del café.
- Análisis de OTA en el café.

**Efecto del tipo de beneficio y la superficie del secador en la calidad y la inocuidad del café.** Durante la cosecha principal del año 2003 se procesó café por vía seca y por vía



húmeda. El café cereza procesado por vía seca se secó sobre tres tipos de superficies: madera, lona y cemento. El beneficio del café por vía húmeda, se hizo por fermentación natural y el Becolsub; posteriormente el café fue secado en superficies de cemento y madera, para comparar el efecto de estas variables en la calidad física y organoléptica del café, el desarrollo de mohos y la producción de ochratoxina A (OTA).

Para el secado de las cerezas del café en cemento se requirieron de 25 a 34 días; para la misma carga de cerezas secadas en lonas y madera se necesitaron 27 días. La humedad inicial del café cereza varió entre 69,9 y 71,8% (desviación de 1,18), la  $a_w$  entre 0,98 y 0,982, con una desviación de 0,0014. Se encontró una buena relación logarítmica entre la actividad del agua y el contenido de humedad durante el secado de las cerezas del café con valores de  $r^2$  por encima de 0,91. El proceso de secado de las cerezas en lonas fue menos homogéneo comparado con el secado en madera y en cemento. Estos datos demuestran que el secado de las cerezas es muy lento y por tanto, se arriesga la calidad sanitaria del producto. A los 17 días del secado la  $a_w$  fue de 0,87 y a los 21 días solo bajó hasta 0,76; lo que indica que el café se encuentra en valores críticos de  $a_w$  por mucho tiempo, con lo cual se generan condiciones favorables para desencadenar reacciones de deterioro y posible contaminación microbiana y por OTA; estas condiciones pueden presentarse en Colombia durante el secado de las pasillas de finca.

Para el secado de café pergamino en cemento fueron necesarios de 22 a 34 días para que los granos de café alcanzaran un contenido de humedad del 10 al 12%, para una carga de 26kg de café pergamino húmedo por  $m^2$  de secador, con 4cm espesor. Para el secado en madera se requirieron de 16 a 20 días. El café pergamino presentó valores críticos de  $a_w$  (0,86 a 0,78) entre 26% y 18% de humedad, que correspondió a los 14 días para el secado en cemento y a los 10 días para el secado en madera. La madera presenta riesgos para la calidad, debido a que generalmente no es una

superficie lisa y puede impartir olores y sabores indeseables para el café, sobre todo, cuando no se aplican buenas prácticas de higiene en el proceso y no se retiran los residuos.

No se presentaron grandes diferencias en el tiempo de secado por el proceso de fermentación natural o Becolsub. La actividad del agua de los granos de café pergamino varió de 0,97 para el café pergamino húmedo, con 52,7 al 53,5% de humedad, a 0,58 para el café pergamino seco. Para granos de café pergamino la relación entre la actividad del agua y el contenido de humedad durante el secado presentó una correlación logarítmica con valores de  $R^2$  de 0,93. La relación entre el contenido de humedad de los granos de café pergamino y el tiempo de secado presentó una relación exponencial con valores de  $r^2$  por encima de 0,85.

Con relación a la calidad física, para el café procesado por la vía seca se destacó la alta presencia de granos vinagres con valores entre 4,4% y 9%, y de granos inmaduros con valores de 0,6 % a 3,5 % en el café almendra. Los granos dañados por broca variaron del 0,5% al 13,3%, y el contenido de defectos varió entre el 20 y el 43%. Para el caso del café procesado por vía húmeda se presentaron granos decolorados debido a los largos períodos de secado, causado por las condiciones ambientales de altas precipitaciones durante la cosecha, con valores del 6,2% al 7,8%; estas muestras también presentaron daño por broca que constituyó del 2,5% al 5,3% de los defectos de la almendra. Las mejores muestras por calidad física fueron las procesadas por fermentación natural, y secadas en secador parabólico de cemento.

Todas las muestras procesadas por el método seco fueron rechazadas en las evaluaciones de la calidad física y organoléptica, debido al mal aspecto y a los defectos de fermento y tierra, encontrados. Las muestras secadas en lonas fueron rechazadas, porque presentaron el 100% de las veces defectos de fermento, grasa y *stinker*. Las muestras de café cereza secadas en carros presentaron el 80% de las veces los

defectos de fermento, tierra y madera. Las cerezas secadas en cemento presentaron el 100% de las veces fermento, tierra, extraño, vinagre y *stinker*. Las pasillas separadas en el tanque sifón presentaron defectos de fermento, tierra y extraño.

Con relación a la calidad organoléptica del café secado como pergamino, el 83,5% de las tazas presentaron buena calidad, aunque es importante destacar un mayor porcentaje de aceptación para el café secado en cemento con un 93,75% para las muestras secadas en el secador parabólico, comparado con un 72% para las muestras secadas en el carro de madera. Las diferencias se presentaron por algunos sabores astringentes, ásperos, tostados y a madera, detectados. Las mejores muestras por calidad organoléptica fueron las procesadas por fermentación natural y secadas en el secador parabólico de cemento.

El tiempo necesario para el secado del café pergamino depende no solo del espesor de la capa de secado, sino también de las horas de radiación solar, así como de la velocidad de evaporación del agua de los granos, para lo cual es muy importante tener en cuenta la frecuencia o número de veces que se revuelve el café durante el secado.

Acerca de la microbiota fúngica de las cerezas en secado se encontraron las levaduras como microorganismos predominantes, seguidos de *Fusarium* spp. En el caso de la comunidad interna, *Fusarium* spp, *Cladosporium* spp y levaduras fueron los microorganismos más frecuentes durante todo el secado. *Aspergillus ochraceus* se encontró en tres muestras del café pergamino del café secado como cereza, uno en lona, otro en carro y otro en parabólico, con un máximo de 2% de granos con el moho en las muestras, pero el hongo también se encontró en todas las muestras de flotes de café (pasillas separadas en tanque sifón), donde el porcentaje de granos con el moho fue de 8%. Para el café pergamino y las almendras obtenidas las levaduras, *Fusarium* spp y *Penicillium* spp fueron los microorganismos más frecuentes durante el

secado, seguidos por *Cladosporium* spp. Una muestra del café pergamino presentó *Aspergillus ochraceus*, tanto en el café pergamino húmedo al inicio del secado como en el café pergamino seco y en el café almendra. Es importante destacar que la muestra de café seco que presentó *Aspergillus ochraceus* requirió 27 días para el secado, donde se presentó un secado más lento debido a la sombra generada por la ubicación del secador. De igual forma, en estas muestras experimentales la OTA se detectó en el café cereza secado en el secador parabólico con un valor de 0,2ppb y en café pergamino secado en madera con valores de 0,1 y 0,12ppb (valores expresados en base seca).

Aunque *Aspergillus ochraceus* no es el hongo más predominante en el café de Colombia, se encontró en las muestras procesadas por la vía seca y en el secado lento del café pergamino, en los cuales se favoreció la proliferación de éste y otros mohos. El secado es una etapa crítica del beneficio del café. Generalmente, existe una microbiota natural en las cerezas del café y en los granos durante el secado así como en los granos secos. El secado en lonas es muy lento al comienzo, la práctica de cubrir las cerezas durante la noche produce condensación sobre la superficie y las cerezas pueden absorber el agua al destapar el café al día siguiente y de esta forma se favorece el desarrollo de mohos.

Como conclusión, la aplicación de Buenas Prácticas de Higiene y Manejo (BPH y BPM) durante el proceso del café pueden contribuir a evitar el deterioro por mohos y los riesgos de ocurrencia de OTA en los granos durante el proceso de beneficio y secado. Las siguientes buenas prácticas deben realizarse para el secado del café al sol:

- Secar el café a secar en lugares y superficies limpias y lisas.
- Para el secado de café pergamino, deben utilizarse cargas de 13 a 20 ó máximo 26kg de café pergamino húmedo por m<sup>2</sup>, con un espesor de la capa del café de 2 a 4cm.

- El café debe revolverse con rastrillos limpios, de tres a cuatro veces en un día, y con mayor frecuencia los dos primeros días para favorecer la evaporación del agua.
- No debe pisarse el café.
- Los secadores parabólicos son una buena opción para el secado al sol, debido a que se facilita el secado porque no se tiene la necesidad de cubrirlo en las noches o por las lluvias con otros plásticos o superficies. Sin embargo, es necesario ubicar los secadores, donde sea posible asegurar óptima exposición al sol, así como la protección contra animales y otras fuentes de contaminación.

**Efecto de los retrasos en las etapas del beneficio en la calidad e inocuidad del café.** Con el fin de evaluar el efecto en la calidad física, sanitaria y organoléptica del café, se comparó el proceso de café cereza fresco con el café cereza procesado después de dejarlo almacenado durante dos y tres noches en los mismos sacos en los que se recolectó. El café se procesó por fermentación y por Becolsub, y se secó una parte bajo condiciones normales y otra por secado lento controlado.

Para el secado del café se requirieron de 16 a 23 días en los secadores ubicados al sol, mientras que a la sombra se requirieron de 27 a 34 días. No hubo grandes diferencias entre la tasa de evaporación del agua del café, obteniéndose un valor de 0,137mm/día para el café secado con sombra y 0,141mm/día para el café secado sin sombra.

Con relación a la calidad física, todas las muestras presentaron un alto porcentaje de grano dañado por broca (3,6 al 7,4%), lo que repercutió en el factor de rendimiento en trilla. El menor porcentaje de defectos se encontró en las muestras procesadas con Buenas Prácticas, es decir, los procesos con condiciones y tiempos controlados y con separación de defectos, residuos e impurezas entre todas las etapas del beneficio desde la

recolección hasta el secado. El mayor porcentaje de defectos se encontró en las muestras provenientes de café cereza almacenado por dos y tres noches, en las cuales predominó el defecto vinagre en la almendra.

El efecto más negativo en la calidad organoléptica se encontró por el almacenamiento del café cereza, presentándose un 88 a 89% de tazas rechazadas para el café proveniente de tres noches de almacenamiento y ninguna taza aceptada, los defectos predominantes fueron el vinagre, el fermento y los sabores a tierra y fenol.

El café de mejor calidad organoléptica fue el procesado con Buenas Prácticas con separación de impurezas y defectos desde el beneficio y con la eliminación de todos los defectos físicos antes de la tostación, presentándose un porcentaje de aceptación del 90% para el café procesado por fermentación natural y secado al sol (calificación igual o superior a siete) y un 65% para el café procesado por Becolsub (calificación igual o superior a siete), ninguna taza fue rechazada para ninguno de estos testigos. Para el caso del proceso con BPH y BPM, pero secado a la sombra no se rechazaron tazas, pero sí hubo menor porcentaje de tazas con calificación igual o superior a siete, con un 57%, tanto para el Becolsub como para la fermentación natural.

Por otra parte, *Aspergillus ochraceus* se encontró en el café cereza recibido y en las cerezas almacenadas, en el café pergamino húmedo del café cereza almacenado, en el 67% de las muestras de café en almendra, en todas las muestras de café pergamino seco y en sus ciscos, que correspondieron tanto a café secado a la sombra, como al sol y a café cereza fresco como almacenado.

*Aspergillus ochraceus* no es un hongo predominante en el café de Colombia, pero se en este experimento se presentó en el café cereza recibido, en algunas muestras de café pergamino húmedo, en varios granos de café verde y en varios ciscos y café pergamino seco, lo que muestra que el hongo puede

desarrollarse sobre el pergamino, por tal motivo este residuo debe manejarse cuidadosamente en las trilladoras para evitar la contaminación cruzada del grano almendra. Se destaca la presencia del hongo *Aspergillus ochraceus* en el café cereza recibido, y por consiguiente era posible que el moho se encontrara en el producto; este hongo se encontró tanto en muestras procesadas por Becolsub como en fermentación por períodos de 24h y 40h.

En este ensayo se encontró la OTA en el 5,5% de las muestras analizadas, las cuales correspondían a muestras de café pergamino húmedo obtenido de cerezas almacenadas durante dos noches y de fermentación por 24h, con un valor de 0,14ppb (base seca), y en muestras de café en cereza almacenadas por tres noches en los sacos antes de su procesamiento, con un valor de 0,2ppb (base seca).

Como conclusión, cualquier retraso en el procesamiento del café causa grandes pérdidas en la calidad y arriesga la inocuidad del producto, incrementándose el riesgo de deterioro por mohos y OTA. La presencia de defectos e impurezas en los granos de café, con la omisión en el beneficio de las etapas de clasificación para la separación de impurezas y defectos, causa pérdidas de la calidad sensorial e incrementa el riesgo de deterioro del café por mohos y OTA.

Por consiguiente, no se recomiendan las siguientes prácticas para el procesamiento del café de Colombia:

- Retrasar el inicio del proceso del beneficio del café.
- Dejar el café cereza en los costales por días y noches.
- Dejar el café en los tanques de fermentación por tiempos prolongados.
- No separar los defectos durante el procesamiento del café.
- Secar el café a la sombra.

Estas prácticas constituyen típicos ejemplos de inadecuadas prácticas en el procesamiento del café por vía húmeda.

Las buenas prácticas a seguir durante el procesamiento de beneficio son las siguientes:

- Comenzar el beneficio del café tan pronto como sea posible.
- Eliminar todas las impurezas, los frutos y granos dañados por medio de sistemas de clasificación antes y después del despulpado, así como después del lavado.
- Reducir cualquier retraso en el procesamiento del café.
- Medir el impacto en la calidad del café y en la inocuidad cuando se presenten retrasos en el procesamiento del café y tomar acciones correctivas.
- Secar el café pergamino en áreas limpias.
- Evitar cualquier contaminación cruzada del café por mohos o químicos.
- Secar el café de buena calidad aparte de los residuos o pasillas.

De igual forma, la disposición y el tratamiento adecuado de los residuos de los procesos del café en la finca son parte fundamental del cumplimiento de las Buenas Prácticas, para asegurar la inocuidad y la conservación de la calidad del café de Colombia.

**Estudios de almacenamiento de café almendra.** Con el fin de evaluar el desarrollo de mohos y OTA, el contenido de humedad, la actividad del agua (aw) el impacto en la calidad del café en almacenamiento se almacenaron bultos de café almendra procedentes de café pergamino seco comprado en la Cooperativa de Caficultores.

El café se almacenó en condiciones naturales en la bodega de Almacafé. Las muestras se trillaron y se clasificaron en una trilladora



comercial, posteriormente se almacenaron dos tipos de muestras, unas sin defectos ("tipo exportación") y otras muestras con todos los defectos presentes en el café.

Todas las muestras de café presentaron mala calidad física y organoléptica, es así como en el 40% de las muestras de café pergamino presentaron mal aspecto de la masa, pergamino manchado y olores a humo, y el café almendra tuvo defectos de contaminación por humo y olores a reposo y vinagre. El factor de rendimiento en trilla varió entre 121 y 175. Los defectos físicos predominantes fueron los granos decolorados que variaron del 19 al 33% y los granos perforados por broca del 2,7 al 8,5%. Otros defectos encontrados fueron los granos mordidos, inmaduros y vinagres. Los defectos sensoriales predominantes fueron vinagre, químico, reposado, fenol y sabores extraños; defectos que prevalecieron además del desarrollo del reposo, a través del tiempo de almacenamiento.

Para las condiciones ambientales de la bodega de almacenamiento se presentaron variaciones significativas en los registros de la humedad relativa del 66 al 98%, con variaciones de temperatura de 16 hasta 30°C, condiciones desfavorables para la conservación del grano. La humedad del grano también aumentó durante el almacenamiento, con cambios en más del 10% del contenido de humedad.

El hongo *Aspergillus ochraceus* se encontró en todas las muestras de pergamino, almendra, cisco y en los defectos seleccionados. El hongo se conservó durante el almacenamiento, detectándose de nuevo en las muestras de café después de tres meses de almacenamiento. La mayor contaminación por el hongo se presentó en los granos brocados, negros y mordidos. Es importante aclarar que en los ambientes de la Cooperativa, la trilladora y Almacafé, se detectó el hongo *Aspergillus ochraceus*. Por tanto, es muy importante controlar las condiciones de higiene, la humedad del grano de café y la manipulación de los diversos tipos de café y de los empaques en los sitios de proceso y en las bodegas de almacenamiento, con el fin de

prevenir el deterioro de la calidad del café y la pérdida de la inocuidad.

La OTA no se encontró en los granos de café almendra, pero sí en el café pergamino de la muestra más reposada, con un valor de 0,1ppb en base seca. En las muestras correspondientes a tres meses de almacenamiento no se detectó la OTA.

Con respecto a la calidad, estos resultados indican que se están presentando fallas en los procesos del beneficio, la comercialización y el almacenamiento en el café en Colombia. Es muy importante entonces mejorar los procesos del café para controlar los riesgos y evitar los defectos más graves para la calidad del café (fermento, vinagre, humo, contaminado, reposado y fenol).

Es necesario que las personas que comercializan el café estén capacitadas en todos los temas de calidad, con el fin de mejorar los controles en el proceso de recibo de café, llevar registros de trazabilidad y realizar las pruebas de catación, para tomar decisiones con base en la calidad sobre el destino del café y las acciones correctivas y preventivas que deben desarrollarse en todos los procesos de la cadena productiva del café. De igual forma, es indispensable establecer la prueba de taza para la evaluación del café, debido a que éste es el único método que permite conocer la calidad intrínseca del producto.

### Funcionamiento del laboratorio de análisis de calidad del café y panel de catación

Durante el año 2004 se realizaron 9.305 análisis sensoriales de café. Se analizaron 7.675 tazas provenientes de muestras de investigaciones sobre la calidad del café, muestras de fincas, ensayos de beneficio, ensayos de secado y ensayos de almacenamiento. Además, se efectuaron 1.630 evaluaciones sensoriales de muestras de café de otras disciplinas de Cenicafe y de algunos Comités de Cafeteros.

Para los análisis de calidad del café se utilizaron métodos de diferencia y el método descriptivo cuantitativo para calificar y describir la calidad. Se atendieron 28 visitas de estudiantes, agricultores y personal extranjero en el laboratorio de calidad con conferencias y explicaciones sobre la calidad del café.

Asesorías, publicaciones, conferencias, cursos de calidad e inocuidad del café.

- Se escribió un módulo E- Learning, en inglés, sobre los procesos del café de Colombia.
- Se escribieron 2 módulos en inglés, sobre las Buenas Prácticas y el control de los procesos en la cadena del café.
- Se dictaron 22 conferencias sobre los factores y riesgos para la calidad del café y las prácticas para el aseguramiento de la calidad.
- Se capacitó a más de 830 caficultores en los conceptos sobre la calidad del café y las Buenas Prácticas para el Aseguramiento de la Calidad y la Inocuidad del café.

### Análisis microbiológicos

Para determinación de la microbiota en muestras de café, se utilizó el medio de cultivo DG18, selectivo para el crecimiento de mohos xerofílicos. Este año se procesaron 136 muestras de café cereza, 248 muestras de café pergamino húmedo, 102 muestras de café pergamino seco, 25 muestras de café pelado, 324 muestras de café almendra, 102 muestras de ciscos y 377 muestras de ambientes. Además, se evaluó la calidad sanitaria del agua utilizada en el lavado de café, antes y después de utilizarse en el tanque sifón, donde se tomaron ocho muestras de agua. Se realizaron estudios en siembras de granos, directas y diluciones. Los mohos aislados e identificados correspondieron, en mayor frecuencia, a

*Penicillium* spp., *Aspergillus* spp., *Cladosporium* spp. y *Fusarium* spp.

### Composición química del café

Se realizaron análisis físico - químicos de muestras de café verde y tostado como son el color, el pH, los grados Brix, los sólidos totales, la actividad del agua y el contenido de humedad, para los cuales se usaron métodos estandarizados. Se desarrollaron y mejoraron los protocolos y la documentación para el análisis en laboratorio de compuestos químicos del café como cafeína, diterpenos, contaminantes como Ochratoxina A y elementos químicos del café.

Igualmente, se mejoraron los protocolos para el cumplimiento de las Buenas Prácticas de Laboratorio, Normas de Higiene y Seguridad, y sobre el registro de la información y los inventarios de los equipos, materiales, reactivos y métodos utilizados.

Estudios de elementos químicos. En los estudios de la composición química del café colombiano para el conocimiento de elementos y compuestos que permitan diferenciarlo por origen botánico y geográfico, se inició la etapa de estandarización de la metodología para el estudio de los elementos químicos en café, por medio de la técnica de espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado ICP-OES. Durante este período se realizaron las siguientes actividades:

Estudio de la técnica de espectrometría por plasma, estudio de equipos y tecnologías existentes en el mercado, revisión de las especificaciones del equipo y adquisición del equipo.

- Instalación del equipo espectrómetro de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado ICP-OES, para análisis de elementos químicos.

- Se participó en la capacitación para el manejo del equipo, los accesorios y el software.
- Se desarrollaron los protocolos para:
  - La preparación de las muestras de café que incluyen la molienda, el tamizado, el secado, la incineración, la digestión acidificación, la dilución, la rotulación y el empaque.
  - El manejo del plasma, el manejo del dilutor y el manejo de los gases.
  - La creación de hojas de trabajo.
  - La evaluación de las muestras.
  - La interpretación de los resultados
- Se realizaron 39 ensayos en el equipo, con el fin de buscar la estandarización de la técnica para las muestras de café. Se varió el tipo de preparación, las concentraciones de las soluciones patrón, los elementos y

las longitudes de onda utilizadas en cada análisis.

Se realizaron análisis para 241 muestras de café verde y 90 muestras de café tostado. Se utilizaron muestras de trazabilidad conocida en su origen botánico y de proceso.

Se inició la evaluación de los resultados para conocer cuáles elementos son detectables en el café, en qué niveles de contenido en ppm y la repetibilidad, así como las longitudes de onda a las que se detectan estos elementos.

Es importante destacar que como en toda técnica de laboratorio e instrumental, para operar este equipo y tener confiabilidad en los resultados es importante desarrollar la etapa de calibración, para que una vez definidos los rangos de niveles esperados y las longitudes de onda en que no hay interferencias espectrales entre los elementos, se puedan realizar los análisis de las muestras de los experimentos y lograr el propósito de las investigaciones QIN3010 y QIN3011.

## II CAFÉS ESPECIALES

Se participó en la formulación del plan estratégico de cafés especiales de FNC. Se escribieron y planificaron tres proyectos de investigación relacionados con los cafés especiales para desarrollarse en Cenicafé. Los proyectos fueron los siguientes:

### Calidad.

**Mejoramiento de los procesos para asegurar la calidad del café.** La investigación busca mejorar los procesos en todas las etapas de la cadena de café, con el fin de evitar el deterioro y garantizar la calidad del café producido en Colombia. Inculcar en las personas una cultura de calidad para el manejo del café durante el cultivo, el beneficio,

el almacenamiento y el transporte. Establecer un sistema que asegure la calidad del café producido en Colombia y establecer los procedimientos para la certificación de café de acuerdo a la calidad y por procedencia (fincas). Para cumplir con estos objetivos se aplicarán las Buenas Prácticas de Higiene y las Buenas Prácticas de proceso en todos los procesos de la cadena productiva del café.

**Estudio de la calidad del café procedente de varias regiones.** Esta investigación busca conocer la calidad del café de varios orígenes geográficos colombianos, caracterizados por su clima, sus suelos y los sistemas de cultivo y de proceso. Además, se busca conocer la calidad para desarrollar especificaciones técnicas de cafés por origen y de potenciales cafés especiales.

**Desarrollo de cafés saborizados.** Con este proyecto se busca ampliar la oferta de cafés especiales de Colombia con productos saborizados, de acuerdo con los gustos del consumidor.

### Sistemas de producción de cafés especiales.

Evaluación agronómica de las especies leguminosas *Cajanus cajan* (Guandul), *Crotalaria juncea* (Crotalaria) y *Tephrosia candida*

(Tephrosia) y su efecto como abonos verdes en el cultivo de café. Con este estudio se pretende evaluar una alternativa de fertilización, analizando tres especies leguminosas con potencial para ser utilizadas como abonos verdes y de esta manera optimizar los recursos, tanto económicos como biológicos que el caficultor orgánico posee en su finca. Adicionalmente se contribuye con alternativas para complementar la fertilización o para la recuperación de suelos en caficulturas convencionales. La descripción de los tratamientos evaluados se presentan en la Tabla 56.

Tabla 56.  
Tratamientos Experimento FIT 0608

Tratamientos	Descripción	Densidad de siembra de las leguminosas Plantas/ha
1	CAFÉ + <i>Cajanus cajan</i>	171.428
2	CAFÉ + <i>Cajanus cajan</i>	85.714
3	CAFÉ + <i>Cajanus cajan</i>	60.000
4	CAFÉ + <i>Crotalaria juncea</i>	171.428
5	CAFÉ + <i>Crotalaria juncea</i>	85.714
6	CAFÉ + <i>Crotalaria juncea</i>	60.000
7	CAFÉ + <i>Tephrosia candida</i>	171.428
8	CAFÉ + <i>Tephrosia candida</i>	85.714
9	CAFÉ + <i>Tephrosia candida</i>	60.000
10	TESTIGO	Sin asocio de leguminosas

Producción de materia seca. Las especies leguminosas *Cajanus cajan* (Guandul), *Crotalaria juncea* (Crotalaria) y *Tephrosia candida* (Tephrosia), plantadas a 171.428, 85.714 y 60.000 plantas por ha, poseen el potencial para producir en promedio 7,65; 4,16 y 5,43 ton/ha de materia seca, respectivamente.

Concentración de nutrientes en los residuos. La concentración media de N en los residuos de estas especies no presentaron diferencias

estadísticas y fue de 3,5%, para Crotalaria y Tephrosia y de 3,6% para guandul. La concentración media de P fue 0,31% en Guandul, 0,33% en Tephrosia y 0,36% en Crotalaria; La concentración media de potasio para Guandul y Crotalaria, fue 1,8% y 2,2% respectivamente y en Tephrosia fue de 1,9%. El promedio en la concentración de Ca en la materia seca de Guandul fue 0,63% y en Crotalaria 0,78%. Para Tephrosia este presentó un valor de 0,70%. En Mg las concentraciones

medias observadas en el material vegetal de Guandul fue de 0,18%, en los residuos de Crotalaria fueron de 0,22% y en los de Tephrosia de 0,19%.

Reciclaje de nutrientes. El reciclaje de N calculado en los residuos de las tres especies fue de 238,1kg/ha en Guandul, 151,7kg/ha en Crotalaria y Tephrosia de 196,3kg/ha. El reciclaje de P en Guandul y Crotalaria en promedio fue de 21,2kg/ha y 16,1kg/ha, respectivamente y en Tephrosia de 17,63kg/ha. El reciclaje de K en Guandul fue de 127,26kg/ha, en Crotalaria de 97,42kg/ha y en Tephrosia fue de 107,65kg/ha. El reciclaje de Ca en Guandul fue de 35kg/ha, en Crotalaria de 32kg/ha y en Tephrosia de 37kg/ha. El reciclaje de Mg calculado en Guandul fue de 11,9kg/ha, en Crotalaria y en Tephrosia de 10,2kg/ha.

Tasa de descomposición del material vegetal y Flujo de Nutrientes. Los resultados de los análisis indicaron que los residuos de Guandul se descomponen a una tasa mas baja ( $k=0,20$ ) que los residuos de Crotalaria y Tephrosia ( $k=0,29$  y  $0,26$ , respectivamente). En las tres especies el porcentaje máximo de degradación de los residuos vegetales se presentó en los 30 primeros días con el 23,1%, 40,2% y 28,8% para Guandul, Crotalaria y Tephrosia respectivamente; entre los 60 y los 90 días el porcentaje de descomposición media en Guandul fue 13,7% y 11,3%; de Crotalaria del 16,4% y 12,5% y en Tephrosia del 16,4% y 12,5%. Entre los 120 y 180 días la tasa de descomposición media del Guandul fue del 7,7%; la de Crotalaria 6,5% y la Tephrosia 7,6%, registrándose como los períodos y las tasas más lentas de descomposición.

Tabla 1. Descomposición y flujo de nutrientes de los residuos de Guandul, Crotalaria y Tephrosia en un sistema de rotación de cultivos de maíz en un suelo de tipo Luvisol.

Especie	Cultivo	Días	Descomposición (%)			Flujo de nutrientes (kg/ha)		
			Descomposición	Residuo	Flujo	N	P	K
Guandul	Maíz	0	0	100	0	0	0	
		30	23,1	76,9	23,1	11,9	21,2	
		60	40,2	59,8	40,2	19,6	35,0	
		90	58,5	41,5	58,5	28,8	50,0	
		120	77,7	22,3	77,7	37,0	65,0	
		180	85,0	15,0	85,0	40,2	70,0	
Crotalaria	Maíz	0	0	100	0	0	0	
		30	40,2	59,8	40,2	19,6	35,0	
		60	58,5	41,5	58,5	28,8	50,0	
		90	77,7	22,3	77,7	37,0	65,0	
		120	85,0	15,0	85,0	40,2	70,0	
		180	92,3	7,7	92,3	43,5	75,0	
Tephrosia	Maíz	0	0	100	0	0	0	
		30	28,8	71,2	28,8	14,4	28,4	
		60	47,1	52,9	47,1	23,6	45,6	
		90	65,4	34,6	65,4	32,7	62,8	
		120	83,7	16,3	83,7	41,8	80,0	
		180	91,0	9,0	91,0	45,5	85,0	

# Sistemas de Producción Complementarios

## I. ESPECIES FORESTALES

Ensayo de procedencias y progenies para nogal cafetero (*Cordia alliodora*) y guayacán rosado (*Tabebuia rosea*). Se evaluó el desarrollo de ambas especies, en su sexto año de desarrollo en todos los sitios experimentales: Pueblo Bello (Cesar), Floridablanca (Santander), Chinchiná (Caldas), Belén de Umbría (Risaralda), Líbano (Tolima) y Fredonia (Antioquia).

La Figura 41, presenta el crecimiento medio anual en  $m^3/ha/año$  para *Cordia alliodora* en todos los sitios experimentales. Santander es la localidad donde la especie está presentando un mejor desarrollo con una tasa de  $7,07m^3/ha/año$ ; en Belén de Umbría la tasa de desarrollo fue de  $7,05m^3/ha/año$ , en Chinchiná y Fredonia de  $6,23m^3/ha/año$ , en Líbano de  $5,87m^3/ha/año$ , y la localidad donde se presentó el más bajo desarrollo fue Pueblo Bello con  $4,29m^3/ha/año$ .

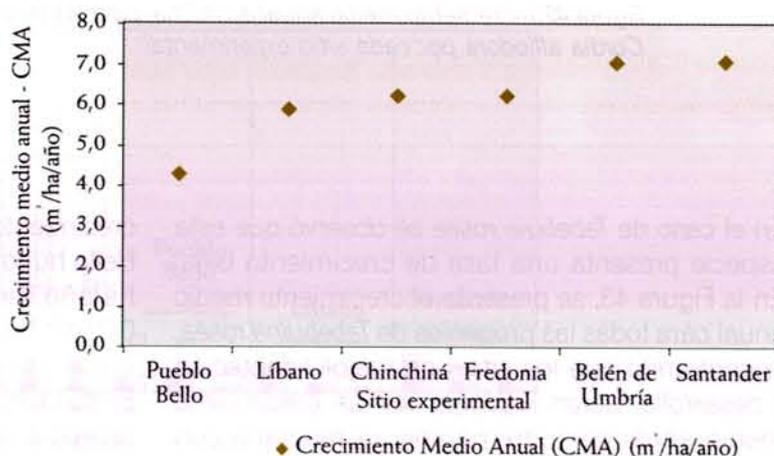


Figura 41. Crecimiento medio anual en volumen ( $m^3/ha/año$ ) para *Cordia alliodora* en todos los sitios experimentales.

En la Figura 42 se presenta el desarrollo de las tres mejores progenies, en los seis años de evaluación, en cada sitio experimental. Se destacan la R-I-1.4 (Marsella, Risaralda) como la de mejor desarrollo en Santander con un ICA<sup>1</sup> en el año cinco de 21,68 y en el año seis

de 30,87m<sup>3</sup>/ha, la R-I-1-3 (Marsella, Risaralda) en Chinchiná con 10,4m<sup>3</sup>/ha en el año cinco y 17,9m<sup>3</sup>/ha en el año seis, y la A-IV-1-1 (Támesis, Antioquia) con un incremento de 3,17m<sup>3</sup>/ha en el año cinco y en el año seis de 10,52m<sup>3</sup>/ha.

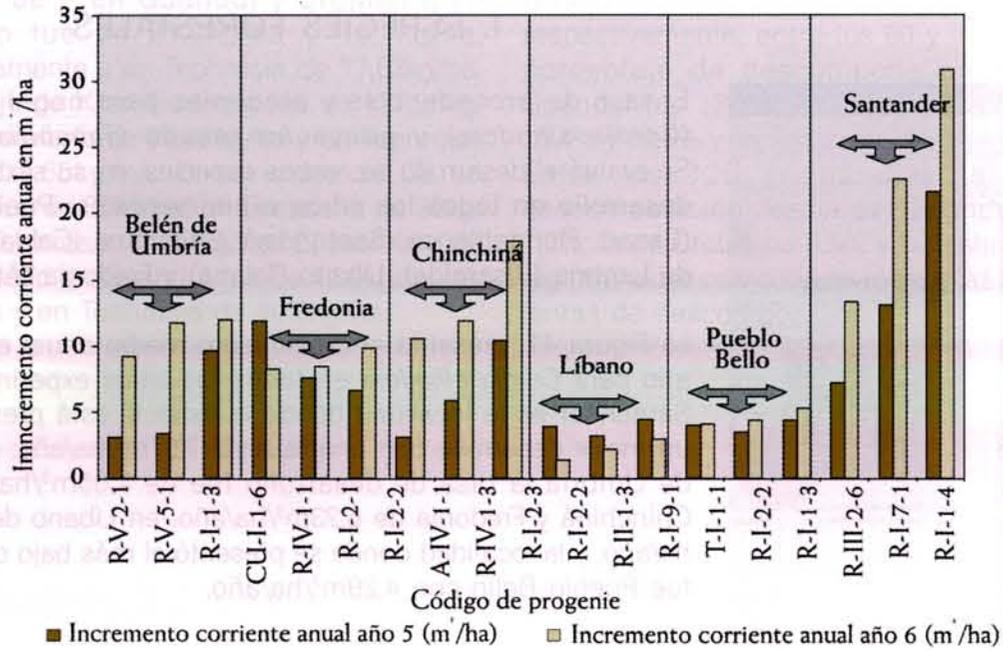


Figura 42. Incremento medio anual en m<sup>3</sup>/ha, para las tres mejores progenies de *Cordia alliodora* por cada sitio experimental

En el caso de *Tabebuia rosea* se observó que esta especie presenta una tasa de crecimiento baja. En la Figura 43, se presenta el crecimiento medio anual para todas las progenies de *Tabebuia rosea*, encontrando que los sitios de mejor adaptación y desarrollo fueron Fredonia con un crecimiento medio anual de 7,2m<sup>3</sup>/ha/año y Chinchiná con 6,15m<sup>3</sup>/ha/año. En las demás localidades el

crecimiento fue muy bajo, es así como en Pueblo Bello hubo un crecimiento medio anual de 1,1m<sup>3</sup>/ha/año, en Líbano de 0,99 y en Santander de 0,81m<sup>3</sup>/ha/año.

El desarrollo de las tres mejores progenies de *Tabebuia rosea*, en los seis años de evaluación en cada sitio experimental, se presenta en la

<sup>1</sup> ICA: Incremento corriente anual: Representa el incremento en volumen (m<sup>3</sup>/ha), en altura m/año o en diámetro cm/año, del año de referencia (actual) con respecto al anterior.

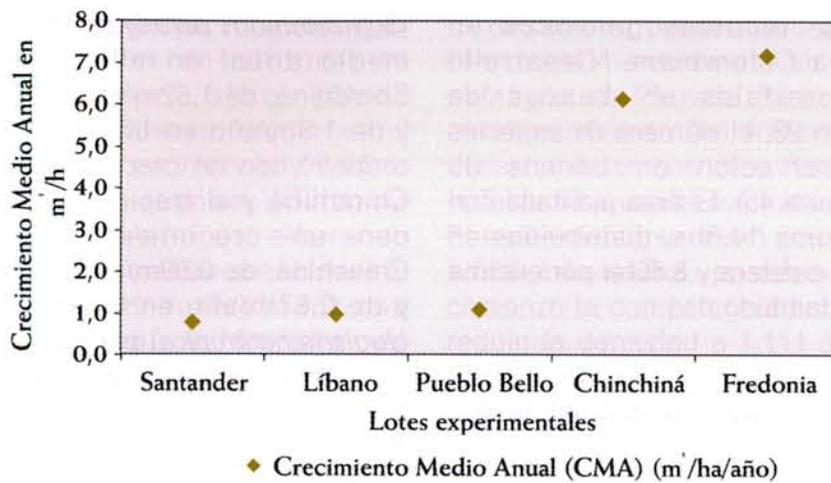


Figura 43. Crecimiento medio anual en volumen (m³/ha/año) para *Tabebuia rosea* en todos los sitios experimentales.

Figura 44. La progenie de mejor desarrollo en Fredonia y Chinchiná es Abr-95-24 (Mélida, Guatemala), con un incremento corriente anual en volumen de 17,41m³/ha para Chinchiná y de 26,74m³/ha en Fredonia. La progenie nacional de mejor comportamiento

fue M-I-1-\* (Monterrubio, Magdalena), la cual crece a una tasa de 10,27m³/ha en Chinchiná y de 1,83 en Pueblo Bello. La progenie CU-II-1\*, procedente de Quipile fue la que mejor comportamiento presentó en Santander, con un valor de 3,09m³/ha

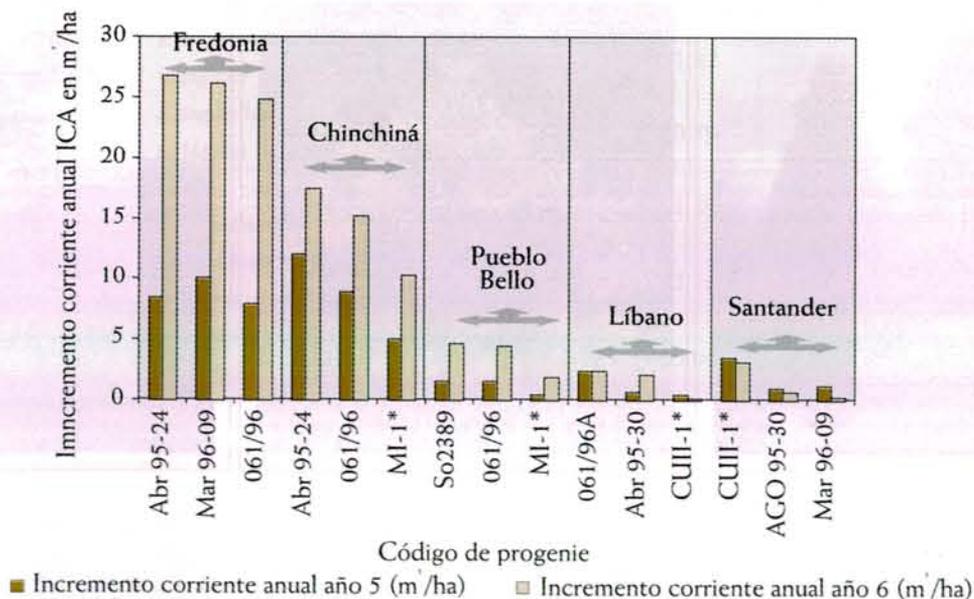


Figura 44. Incremento medio anual para las tres mejores progenies de *Tabebuia rosea* por cada sitio experimental.



Conservación de recursos genéticos en la región andina Colombiana. Desarrollo de especies forestales en bancos de conservación. Son 28, el número de especies objeto de conservación en bancos de germoplasma (Figura 45). El área plantada con estas especies suma 14,8ha, distribuidas en 5,15ha en la zona cafetera y 8,65ha por encima de los 1.800m de altitud.

En los bancos de conservación de la zona cafetera se destacan especies como el tambor

(*Schizolobium parahyba*) con un crecimiento medio anual en altura de 3,4m/año en Chinchiná, de 1,62m/año en Belén de Umbría y de 1,3m/año en Líbano; el aceituno (*Vitex cooperii*) con un crecimiento de 1,2m/año en Chinchiná y el trapiche (*Prunus integrifolia*) con un crecimiento de 0,6m/año en Chinchiná, de 0,89m/año en Belén de Umbría y de 0,87m/año en Líbano. El cedro negro (*Juglans neotropica*) por su parte creció 0,57m/año en Líbano y 0,84m/año en Belén de Umbría.



Figura 45. Desarrollo de algunas especies en los bancos de conservación. a. Aceituno (*Vitex cooperii*), b. Cedro negro (*Juglans neotropica*) c. Trapiche (*Prunus integrifolia*), en Belén de Umbría. d. Mondey (*Gordonia humboldtii*) en Herveo. e. Pino romerón (*Podocarpus oleifolius* var. *macrostachyus*) en Dosquebradas. f. Tambor (*Schizolobium parahyba*) en Líbano.

En los bancos de especies de zona alta (por encima de los 1.800m de altitud), se destacan las especies aliso (*Alnus acuminata*) con un crecimiento medio anual en altura de 2,36m/año en Herveo y 2,66m/año en Dosquebradas; mondey (*Gordonia humboldtii*) con 1,5m/año en altura en Dosquebradas y 0,85m/año en Herveo; chaquiro (*Retrophyllum rospigliosii*) con 0,52m/año en Líbano, 0,76m/año en Dosquebradas y 0,54m/año en Herveo.

**Cultivo de especies forestales tropicales de alto valor comercial para la reforestación industrial: resultados de ensayos de densidad y aclareos.** Se establecieron los diferentes tratamientos en los lotes experimentales y se realizaron las mediciones. Los resultados de éstas se presentan en la Tabla 57.

El desarrollo presentado por las especies forestales *A. acuminata* en Gigante y por *S. parahyba* en Planeta Rica, ha permitido el establecimiento del tratamiento cuatro de densidad en ambos lotes. Para el caso del Aliso, la Tabla 58 presenta los tratamientos aplicados. El experimento se inició con una densidad de 1.666 árboles/ha, posteriormente, cuando comenzó la competencia entre las plantas, se redujo la densidad a 1.111 árboles/ha. Luego se promediaron los diámetros del tratamiento uno (1.666 árboles/ha), los cuales estuvieron 0,25cm por debajo del promedio en diámetro del tratamiento dos (1.111 árboles/ha), por tanto, se aplicó el tratamiento tres (833 árboles/ha), ya que cuando la diferencia entre ambos promedios, adquiere este valor es indicativo de que existe competencia entre las plantas. El proceso se repitió para la adecuación del tratamiento cuatro (633 árboles/ha).

Tabla 57. Desarrollo de las especies en los diferentes ensayos de experimentación.

Finca (Municipio)	Especie	Edad (años)	Diámetro normal(cm)	Altura Total (m)	Cma* Diámetro	Cca Diámetro	Cma Altura	Cca Altura
Montenegro (Gigante)	<i>Alnus acuminata</i>	5,0	12,87	12,02	2,35	1,68	2,57	2,05
La Suecia (El Tambo)	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	5,0	6,88	3,62	1,32	1,81	0,72	0,73
Santa Isabel (Fredonia)	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	4,0	3,7	1,43	0,79	0,94	0,36	0,39
El Caucho (Planeta Rica)	<i>Cordia gerascanthus</i>	5,0	7,93	5,43	1,59	1,55	1,09	0,96
El Caucho (Planeta Rica)	<i>Schizolobium parahyba</i>	5,0	11,35	10,85	2,16	1,50	2,17	0,87
Encimadas (Salamina)	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	5,0	3,31	1,97	0,66	1,15	0,39	0,43
Tequenusa (Líbano)	<i>Cordia alliodora</i>	4,0	7,67	4,54	1,92	3,09	1,14	2,10
La Linda (Salamina)	<i>Cordia alliodora</i>	4,0	6,21	3,19	1,55	1,58	0,80	0,80
San Miguel (Ciudad Bolívar)	<i>Tabebuia rosea</i>	2,0	2,09	1,04	1,04	0,43	0,52	0,56

Tabla 58.  
Densidad correspondiente a cada tratamiento.

	Tratamiento							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Densidad inicial (árboles/ha)	1.666	1.666	1.666	1.666	1.666	1.666	1.666	1.666
Densidad actual (árboles/ha)	1.666	1.111	833	633	633	633	633	633
Densidad Final (árboles/ha)	1.666	1.111	833	633	500	400	333	277

En la Figura 46, se observa el comportamiento anteriormente descrito. Es así como los tratamientos con mayor densidad (tratamientos 1, 2 y 3) presentan un crecimiento corriente anual menor en términos de

diámetro. Este comportamiento también puede observarse en la Figura 47, donde se aprecia el desarrollo en el diámetro de la plantación de aliso luego de reducir la densidad de 1.111 árboles/ha a 833 árboles/ha.

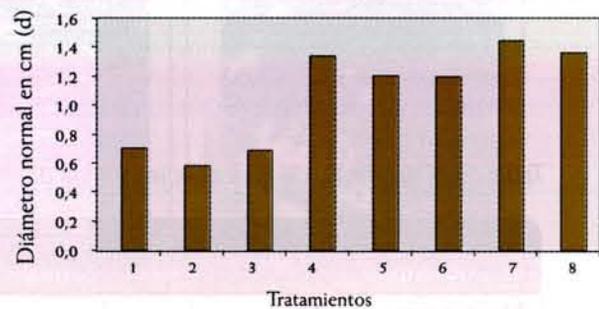
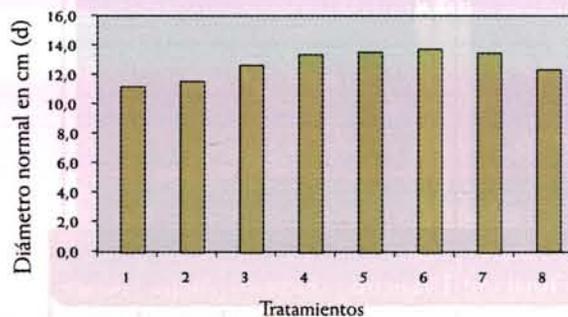


Figura 46. Izquierda. Diámetro promedio para cada tratamiento en la especie *A. acuminata*, para el año 5. Derecha. Crecimiento corriente anual del diámetro promedio para cada tratamiento.

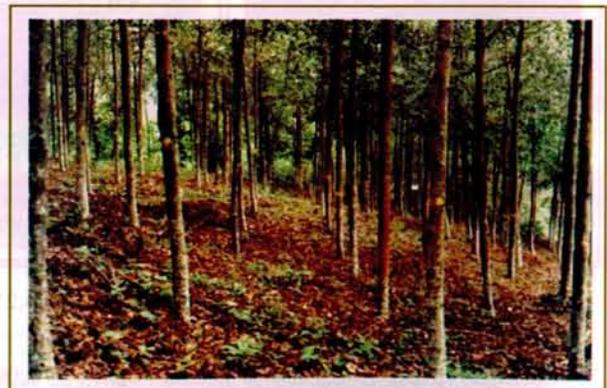


Figura 47. Panorámica interna de la plantación de aliso (*Alnus acuminata*), en Gigante. Izquierda. Tratamiento dos (1.111 árboles/ha). Derecha. Tratamiento tres (833 árboles/ha).

**Determinación del potencial de captura de carbono en ocho especies forestales nativas e introducidas** - Experimento Cofinanciado por el MADR y CORMAGDALENA con la Colaboración de CONIF. La inminencia de un cambio en el sistema climático global por efecto del calentamiento de la atmósfera, conocido como efecto invernadero y ocasionado en parte por acciones antropogénicas de liberación de los gases de efecto invernadero (GEI), ha llevado a la comunidad internacional a diseñar estrategias que permitan mitigar el impacto de dicho cambio. Para ello se han propuesto mecanismos en el contexto de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC, 1992), que permitan en el mediano plazo estabilizar las emisiones de GEI en valores equivalentes a los liberados a diciembre de 1989, menos el 5%. Para alcanzar las metas previstas, se incluye el comercio de derechos de emisión, Mecanismo para un Desarrollo Limpio (MDL) y las actividades conjuntas.

Colombia ratificó la (CMNUCC) en 1994 y luego el protocolo de Kyoto. Por ser país en vía de desarrollo, no tiene compromisos, metas concretas y obligación de reducir sus emisiones de GEI. El MDL es un instrumento que vincula a los países desarrollados con la reducción de las emisiones y que puede conducir a que tales países inviertan recursos en los países en desarrollo, para el establecimiento de plantaciones de especies que tengan un alto potencial de fijación del dióxido del carbono atmosférico; sin embargo, antes que se puedan producir los beneficios, se necesita desarrollar metodologías basadas en fundamentos científicos que permitan determinar la eficiencia fotosintética de las especies nativas e introducidas que puedan ser utilizadas en monocultivo, en sistemas agroforestales y silvopastoriles; además, contabilizar y verificar con precisión el carbono fijado por las plantaciones actuales y nuevas, así como el carbono retenido en sus productos.

Lo anterior motivó al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) – Programa de

Oferta Agropecuaria PROAGRO y a la Corporación Autónoma Regional del río grande de la Magdalena – CORMAGDALENA, a cofinanciar el presente estudio, que permitió obtener información sobre la arquitectura, la interceptación de la radiación, la actividad fotosintética en hojas individuales y plantas completas bajo condiciones de campo, y la acumulación y distribución de biomasa aérea y subsuperficial de las especies forestales nativas e introducidas (Aliso *Alnus acuminata*; Ceiba Tolúa *Pochota quinata*; Eucalipto *Eucalyptus grandis* y *Eucalyptus pellita*; Guayacán rosado *Tabebuia rosea*; Nogal *Cordia alliodora*; Pino *Pinus caribaea* y Melina *Gmelina arborea*), en diversas condiciones de oferta ambiental en Colombia.

Los resultados permitieron determinar que la arquitectura del dosel es variable entre especies y aún dentro de la misma fronda se observan características particulares dependiendo del estrato estudiado, lo cual tiene una estrecha relación con la interceptación de la radiación, que tiene como variable indicadora el coeficiente de extinción de la radiación ( $k$ ), que presentó valores entre 0,5 y 0,8 de acuerdo con la especie estudiada. Se encontró que la actividad fotosintética de hojas individuales y plantas completas, bajo las condiciones de oferta ambiental de Cenicafé, es mayor en las especies introducidas *E. grandis* y *G. arborea*, mientras las menores tasas la presentan las especies nativas *A. acuminata* y *C. alliodora*. Bajo condiciones de campo, la actividad fotosintética de las plantas completas presentó tasas variables dependiendo de la época de medición, húmeda o seca y del área foliar presente. Las especies del género *Eucalyptus* fueron las que presentaron los mayores valores.

Se determinó la biomasa y carbono presente en el árbol y cada uno de sus órganos, en individuos de diferentes edades, para las ocho especies estudiadas. Se construyeron los modelos matemático – estadísticos que mejor describen la acumulación de biomasa, en función del tiempo y en función de variables ampliamente utilizadas en el mundo forestal

como el diámetro normal ó diámetro a la altura del pecho (DAP). En general para las condiciones agroecológicas donde se encuentran actualmente las plantaciones, se determinó que la especie más eficiente como capturadora de carbono en el mediano plazo (5 años) es *E. grandis*, seguida por *P. caribaea*, mientras las menos eficientes son *A. acuminata* y *P. quinata*. En el largo plazo (10 años), las más eficientes son *E. grandis* y *G. arborea*, en tanto que las menores continúan siendo *A. acuminata* y *P. quinata*. Lo anterior indica que la dinámica en el crecimiento, acumulación de biomasa y captura de carbono por cada una de las especies, presenta una dinámica particular, la cual depende de la oferta ambiental.

Adicionalmente, se determinó la composición mineral de cada uno de los órganos, en cada

una de las edades estudiadas, para seis de las ocho especies.

Se logró establecer la relación que existe entre la fijación del dióxido de carbono atmosférico en hojas individuales y en plantas completas, así como la eficiencia fotosintética con la acumulación de biomasa.

Los resultados obtenidos son la base para la construcción de modelos dinámicos relacionales, que permitan tener en el mediano plazo herramientas para la toma de decisiones tanto desde el ámbito productivo como ambiental. Sin embargo, es indispensable antes de hacer uso de la información obtenida, validar los modelos individuales y en conjunto, de tal forma que se logre tener una herramienta confiable para su uso.

## II. OTRAS ESPECIES DE INTERÉS ECONÓMICO

**Diversidad de passiflora y caricacae en zona cafetera. MEG1901.** De diversos herbarios del país, que poseen un número considerable de ejemplares en el género *Passiflora*, se tomaron los datos biogeográficos de las excicatas presentes, con los cuales se compiló una base de datos con 3.405 accesiones, de los cuales 2.344 provinieron de municipios con presencia cafetera. Se terminó el desarrollo de la interface Access FLOR DE LA PASION, a la cual se han cargado los datos provenientes de la revisión de herbarios y colectas de campo.

El patrón de distribución de las 85 especies reportadas en zona cafetera y relacionadas con los ecotopos cafeteros presentaron un patrón de distribución agregado en un 76,98%, lo que significa que la distribución de algunas especies está dada en condiciones muy específicas de la geografía colombiana y en especial, de la zona cafetera colombiana. Con respecto a las especies que presentaron un

patrón de distribución aleatorio con un 23,02% del total, significa que existe una mayor probabilidad de encontrar estas especies, dada la amplia distribución que pueden tener.

Dentro de la zona cafetera los ecotopos que presenta la mayor diversidad de *Passifloras* en las cordilleras Occidental y Central se encuentran: 101A, 101B, 105B, 201A, 201B, pertenecientes al departamento de Antioquia, 204A Y 204B (Antioquia y parte de Caldas), 205A, 206A, 207A (Caldas), 205B (Antioquia y Caldas) 208A 209B (Tolima), 210A (Quindío), 209A (Norte Valle del Cauca), 214A, 215A (Valle del Cauca y Norte del Cauca), 111B (Valle del Cauca), 219A (Cauca) 106A, 221A (Cauca y Nariño); 213B (Cauca y Huila); Los ecotopos que mayor riqueza en la cordillera oriental se tiene: 301A, 301B (Cesar y Norte de Santander), 302A (Santander), 307A (Santander), 310A, 311A, 312A (Boyacá y Cundinamarca), 314A, 315A (Cundinamarca y Tolima). Para la Sierra Nevada de Santa Marta

el ecotopo 403. Las mayor riqueza de especies de Passifloras se encuentra en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío, Risaralda, Valle de Cauca, Cauca, Tolima, al igual que en departamento de Cundinamarca.

Las especies que presenta la mayor frecuencia dentro de la zona cafetera Colombia, en relación con los ecotopos cafeteros son en total 22 especies, *P. misera* Kunth, *P. arbelaezii* Uribe, *P. capsularis* L., *P. arborea* Spreng., *P. chelidonea* Mast., *P. tryphostemmatoides* Harms, *P. cumbalensis* (Karst.) Harms, *P. alnifolia* Kunth, *P. mixta* (Beth.) Killip., *P. rubra* L., *P. apoda* Harms, *P. coriacea* Juss., *P. adenopoda* DC., *P. popenovii* Killip, *P. maliformis* L., *P. kalbreyeri* Mast., *P. suberosa* L., *P. cuspidifolia* Harms, *P. biflora* Lam., *P. foetida* L., *P. vitifolia* Kunth, *P. edulis* f. *flavicarpa* Degener. La mayor diversidad de Passifloras presente en el país, se encuentra fuera de la zona cafetera, bien sea por encima o por debajo del rango altitudinal (1.000-2.000m), es de resaltar que la mayor diversidad de este género se encuentra por encima de los 2.000m, de donde para esta altitud se encuentran el 60% de las Passifloras reportadas para Colombia, presentando un endemismo marcado en ciertas especies.

**Estudio y aprovechamiento de metabolitos secundarios obtenidos a partir de especies vegetales de la zona cafetera colombiana. BTE1500 - Convenio Ministerio del Medio Ambiente y Federación Nacional de Cafeteros. BTE1501.** Con el propósito de producir *in vitro* metabolitos secundarios del tipo de las antocianinas se desarrollaron los protocolos de laboratorio para el cultivo *in vitro* de la mora (*Rubus glaucus*). Se evaluaron diferentes concentraciones de auxinas y citoquininas para inducir la formación de callos friables a partir de diferentes explantes de mora, provenientes de plántulas cultivadas *in vitro*. Con los mejores tratamientos obtenidos de la inducción de callos se desarrollaron las condiciones necesarias para generar la producción de los metabolitos secundarios de interés: las antocianinas, así mismo se adaptó una técnica

por espectrofotometría que permitió confirmar la presencia de estos metabolitos.

De acuerdo con los resultados obtenidos y con el fin de iniciar las suspensiones celulares se seleccionaron los tratamientos 11 (1,0mgL<sup>-1</sup> de 2,4-D y 1,0mgL<sup>-1</sup> de BAP) y 15 (2,0mgL<sup>-1</sup> de 2,4-D y 1,0mgL<sup>-1</sup> de BAP), en los cuales se produjo la mayor cantidad de callos, así como de área/explante pigmentados. De igual manera, se evaluó la respuesta de dos tipos de explantes (tallos, hojas) frente a la inducción de callos pigmentados, obteniéndose una mayor pigmentación cuando se parte de tallos como explantes. Las mejores suspensiones celulares se obtuvieron con el tratamiento 11, en donde las células están finamente dispersas y con un alto porcentaje de multiplicación.

#### Identificación de secuencias de cDNAs de plantas medicinales de la zona cafetera colombiana. BTE1505.

Con el fin de profundizar en el conocimiento que se tiene de las plantas medicinales de la zona cafetera colombiana y sus genes implicados en la síntesis de sustancias de importancia económica, se evaluó la actividad biológica (antioxidante y citotóxica contra células tumorales) de 10 especies vegetales. Se realizó una evaluación de la actividad antioxidante utilizando el método del DPPH<sup>4</sup>. Los extractos que presentaron mayor actividad antirradical DPPH fueron el de *Rubus glaucus*, *Sicana odorifera* (cáscara), *Trichanthera gigantea*, *Cupania latifolia*, *Solanum quitoense*, y *Solanum betaceum*. En forma paralela, se evaluó el efecto citotóxico inducido por los extractos metanólicos de las 10 especies vegetales seleccionadas, sobre cinco líneas celulares derivadas de tumores sólidos humanos, empleando el método indirecto de reducción del MTT (metil tiazol tetrazolio) para la determinación de la supervivencia celular, con el objetivo de establecer su potencial actividad anticáncer. Los extractos de *Hydrocotyle leucocephala* y *Croton cupreatus* (hojas y corteza) presentaron una reducción de la supervivencia celular, que aumentó al aumentar la concentración, por lo tanto poseen

una actividad citotóxica promisoriosa contra células tumorales humanas. Se decidió introducir *Hydrocotyle leucocephala* a cultivo *in vitro*, con el fin de una vez determinados los compuestos responsables de la reducción de la supervivencia celular, evaluar su generación a nivel biotecnológico. Para esto se realizaron diversos ensayos y se obtuvo que el mejor tipo de explante es la yema apical, desinfectada con Benlate 2g/L, etanol al 70% e hipoclorito de sodio al 0,5% y continuando los subcultivos en un medio MS que contiene BAP 1mg/L ya que produce una mayor cantidad de brotes. Con *Croton cupreatus* no se ha evaluado su introducción a cultivo *in vitro* por presentar períodos muy largos de regeneración y producción de tejidos. Se realizó la construcción de la librería de cDNA de *Croton cupreatus*; para la extracción del RNA se

evaluaron varios kits, pero con el único que se obtuvo buen resultado fue con un protocolo manual para el aislamiento de RNA total de árboles, luego se purificó el RNA mensajero utilizando el protocolo Oligotex mRNA Batch de Qiagen. Y finalmente se realizó la construcción de la librería de cDNA, con el kit "Creator Smart cDNA Library Construction Kit" de Clontech, con un título inicial de  $9 \times 10^3$  cfu/mL, un título de la librería amplificada de  $1 \times 10^9$  cfu/mL, un porcentaje de clones recombinantes de 98% y un tamaño promedio de clones obtenidos de 526 pb. Se planea repetir la construcción de esta librería debido a que el título y el tamaño de los clones no fue el esperado. Posteriormente se continuará con la construcción de las librerías de *Hydrocotyle leucocephala* y de *Rubus glaucus*.

### III. INVESTIGACIÓN ADAPTATIVA

**Cítricos.** Durante este período se continuó con el registro de producción de los diferentes materiales en evaluación. Los datos permiten confirmar la adaptación del grupo de las mandarinas Clementinas y el buen comportamiento de las variedades de naranja Hamlin, Valencia Late y V. Campbell (Figuras 48, 49 y 50).

Esta investigación confirma que una buena estrategia para participar en los diferentes mercados durante gran parte del año y generar un flujo permanente de ingresos es la siembra de variedades tempranas y tardías, para lograr una adecuada distribución de la producción.

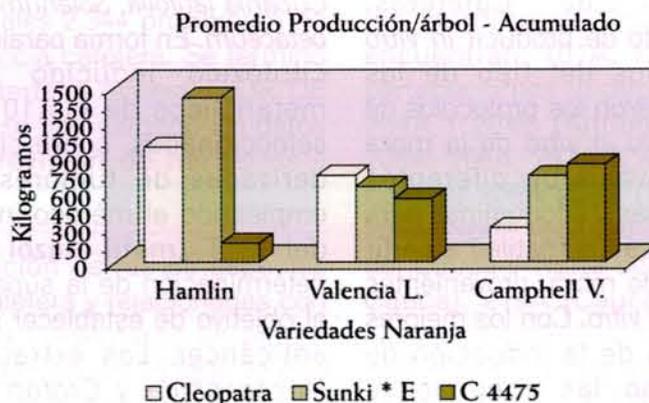


Figura 48. Comportamiento productivo de las variedades de naranja más destacadas.

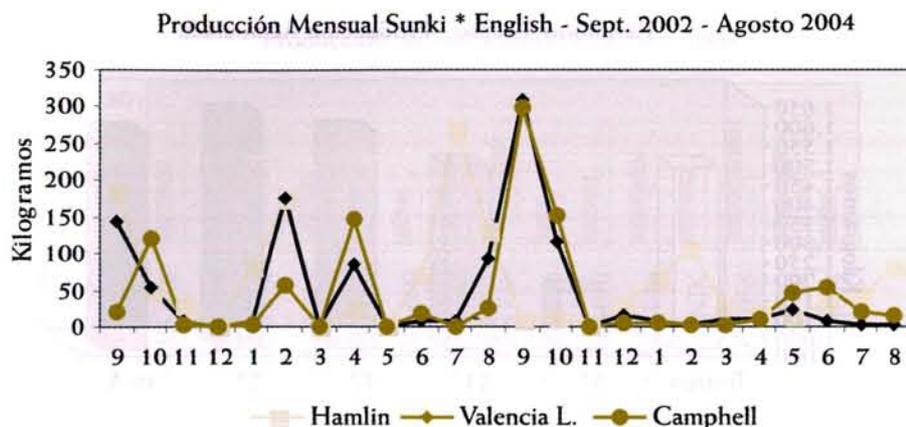


Figura 49. Distribución de la producción anual de variedades tempranas y tardías.

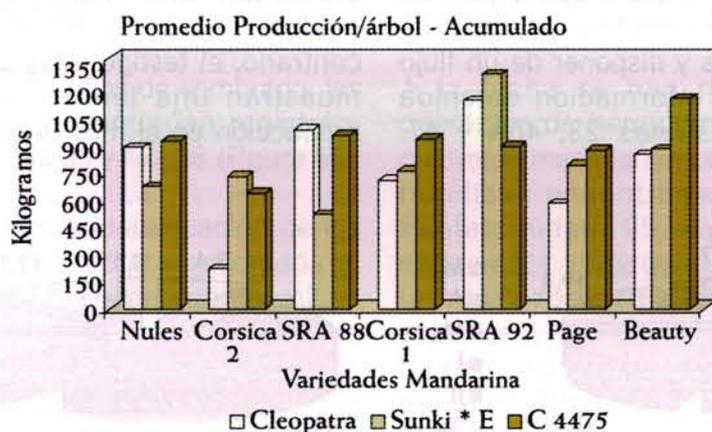


Figura 50. Producción de las diferentes variedades de Clementina

Un aspecto importante es la respuesta positiva de los árboles a la poda de "rejuvenecimiento", lo cual se constituye en una alternativa para prolongar la vida útil de los árboles o los huertos envejecidos, ya sea por edad o por problemas de diferente orden, con lo cual se evita llevar a cabo la renovación temprana de un huerto cítrico, con los altos costos que esto implica.

**Maracuyá.** Hasta la fecha, los resultados indican que varias de las nuevas accesiones

superan en producción al testigo (Figura 51); si este comportamiento es estable durante todo el período de evaluación, estos nuevos materiales serían la base para renovar las "variedades" (mezclas) que tradicionalmente están utilizando los productores de maracuyá. También se dispone de un método práctico para llevar a cabo la polinización asistida, con lo cual se asegura la estabilidad de los materiales sobresalientes.

Un aspecto de mucha importancia para los productores es la distribución de la producción



Passifloras Viterbo - Producción Acumulada

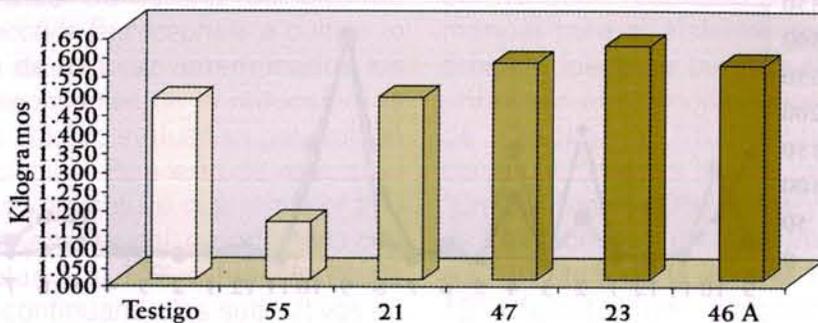


Figura 51. Producción de las accesiones evaluadas.

a través del año, de tal manera que le permita participar en forma permanente en el mercado, lograr precios rentables y disponer de un flujo de caja continuo. La información obtenida indica que las accesiones 23, 46A y 47,

presentan una mejor distribución de la producción a través del año (Figura 52); por el contrario, el testigo y las accesiones 21 y 55, muestran una tendencia a concentrar la producción en el mes de julio (Figura 53).

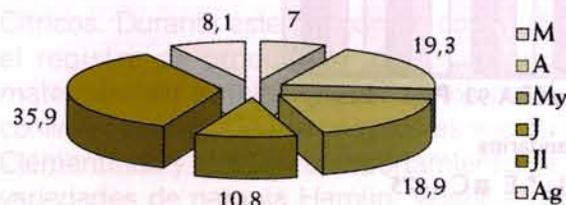


Figura 52. Distribución mensual de la producción de la accesión 23 en porcentaje.

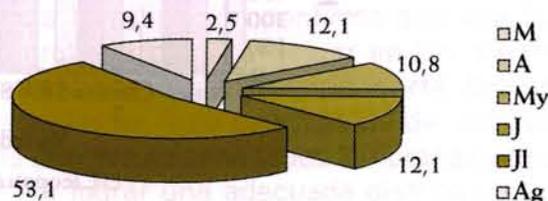


Figura 53. Distribución mensual de la producción del testigo en porcentaje.

**Macadamia.** Las evaluaciones agronómicas del germoplasma de macadamia (15 materiales) en las subestaciones experimentales Paraguaicito y La Catalina, indican que los materiales sembrados en La Catalina continúan siendo más productivos que los establecidos en Paraguaicito. Sin embargo, 11 años después de la siembra ninguno de los materiales evaluados en las dos localidades han estabilizado su producción; es decir, aún se encuentran en una fase ascendente de producción.

Es de anotar que existen diferencias en la productividad de los mismos materiales evaluados en cada una de las localidades, lo que indica la importancia de la selección del germoplasma al instalar un cultivo de acuerdo con la altitud de la zona.

En la Figura 54, se observa la producción de macadamia en cáscara de los diferentes materiales evaluados durante el año 2004.

Producción de macadamia en cáscara- 2004

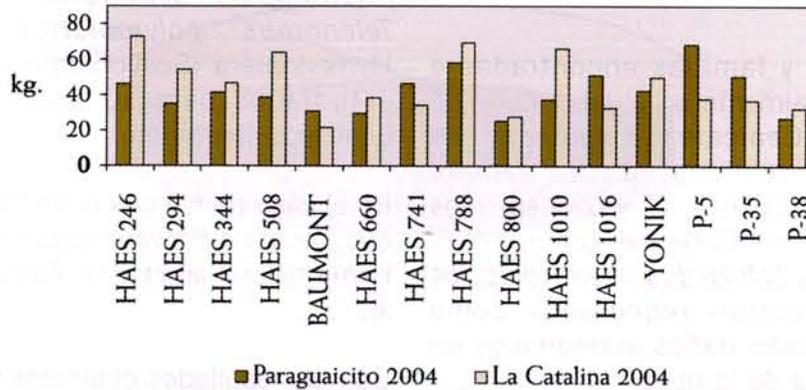


Figura 54. Producción de macadamia en cáscara, del germoplasma evaluado en Paraguaicito y La Catalina.

En el Huerto 69, con 35 años de sembrado, las mayores producciones continúan registrándose en los árboles No. 35 y No. 38 (Figura 55).

Las evaluaciones para la identificación de los insectos del orden Hemiptera asociados al cultivo de la macadamia y de sus enemigos naturales, las cuales se realizan en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca; han generado los siguientes resultados:

A la fecha se han hallado 110 especies diferentes de hemípteros, asociados tanto al cultivo de macadamia como a las arvenses. Las familias encontradas se dividen así: Pentatomidae: 25 especies, Coreidae: 23 especies, Reduviidae: 17 especies (controladores biológicos), Miridae: 19 especies, Lygaeidae: cinco especies, Alydidae: cuatro especies, Pyrrhocoridae: cuatro especies, Tingidae: cuatro especies, Cynidae: dos especies, Scutelleridae: dos especies y

PRODUCCIÓN ANUAL HUERTO MACADAMIA/ 69

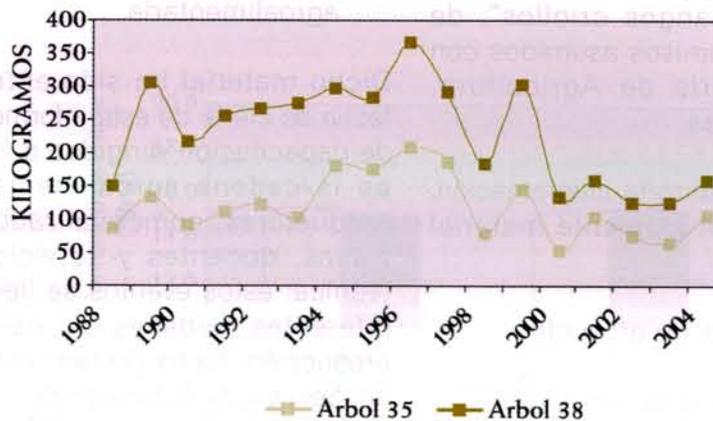


Figura 55. Producciones de macadamia en cáscara de los árboles No.35 y No.38, desde 1988 hasta el 2004.

Corimelaenidae: dos especies y tres sin identificar.

De las especies y familias encontradas e identificadas inicialmente en el laboratorio de Entomología de Cenicafé, se destacan los insectos pertenecientes a la familia Pentatomidae: *Antiteuchus* sp. y *Loxa* sp. y los insectos de la familia Coreidae: *Leptoglossus* sp., *Theognis* sp. y *Sphictyrtus intermedius*; los cuales se encuentran registrados como insectos que causan daños económicos en países productores de la nuez.

Los enemigos naturales hallados hasta el momento son nueve, de los cuales se destacan por su prevalencia los parasitoides

de huevos *Trissolcus bodkini* (Crawford), *Phanuropsis semiflaviventris* Giralult y *Telenomus polymorphus* Costa lima, Hymenoptera (Scelionidae), los cuales serán estudiados para su cría, reproducción y posterior liberación.

En el caso de hongos entomopatógenos, se ha encontrado a *Bauveria bassiana* parasitando en forma natural adultos de *Antiteuchus* sp. y *Loxa* sp.

Con los resultados obtenidos de parasitoides y hongos entomopatógenos se desarrollará un programa de manejo integrado de chinches plaga en el cultivo de la macadamia en Colombia.

#### IV. TECNOLOGÍA POSCOSECHA DE FRUTAS Y HORTALIZAS

##### Normalización de frutas y hortalizas

Durante el período de octubre de 2003 a septiembre de 2004, se llevaron a cabo las actividades relacionadas con el proceso de divulgación y transferencia de los resultados del proyecto denominado "Caracterización y Normalización del empaque y embalaje para mora de Castilla, lulo de Castilla, uchuva, pitahaya amarilla y mangos criollos", de acuerdo con los compromisos asumidos con el SENA y el Ministerio de Agricultura, entidades cofinanciadoras.

Para esta actividad se realizó la diagramación, edición e impresión del siguiente material divulgativo:

- Seis normas técnicas de producto.
- Cinco normas técnicas de empaque.
- Once afiches, con información de uso frecuente de las normas técnicas de calidad y empaque.

- Cuatro tablas de color de frutas y hortalizas.
- Una publicación titulada "Caracterización de productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de normas técnicas de calidad." El libro presenta los resultados que soportan las normas técnicas e información complementaria que contribuye a la utilización de las mismas en las diferentes etapas de la cadena agroalimentaria.

Dicho material ha sido entregado hasta la fecha de cierre de este informe en diez eventos de capacitación dirigidos a los componentes de la cadena agroalimentaria como son: productores, comercializadores, agroindustriales, docentes y servicio de asistencia técnica; estos eventos se llevaron a cabo en diferentes ciudades del país y regiones de producción. Se ha contado con la participación del Servicio de Extensión de los departamentos de Norte de Santander, Tolima y Huila. En el total de eventos realizados se contó con una participación de 718 personas, distribuidas como se observa en la Figura 56.

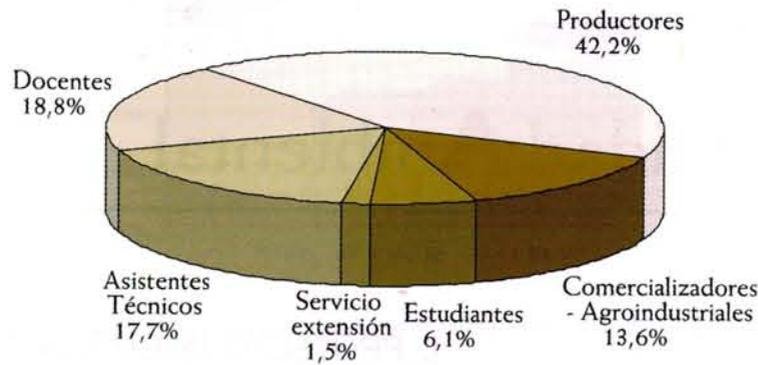


Figura 56. Grupos de personas capacitadas

De acuerdo con la evaluación de la calidad de la uchuva (*Phisalys peruviana* L.) después del tratamiento cuarentenario, se confirmó que las características físicas y químicas de esta fruta se mantienen después de ser expuestas al tratamiento T-107 a, como requisito para el ingreso de este producto al mercado americano. La validación comercial presentó iguales resultados (Figura 57).

Este trabajo se desarrolló bajo la coordinación técnica y operativa del Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, el Centro de Investigación y Desarrollo Tecnológico de la Industria de Alimentos - CIAL, el Instituto Colombiano Agropecuario - ICA y C.I. Caribbean Exotics. La cofinanciación se obtuvo mediante recursos del SENA Ley 344, Ministerio de

Agricultura y Desarrollo Rural y el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola a través de Asohofrucol.

Con base en los resultados de la investigación se elaborará el reporte oficial que se presentará a las autoridades sanitarias de Estados Unidos (USDA).

Así mismo, bajo el convenio suscrito con la Fundación Carvajal, se culminó la caracterización y normalización de la uva Isabella (*Vitis labrusca* L.), norma que contribuye a la eficiencia de la comercialización de este producto representativo del departamento del Valle del Cauca, y que es una alternativa de ingreso para más de 350 familias.

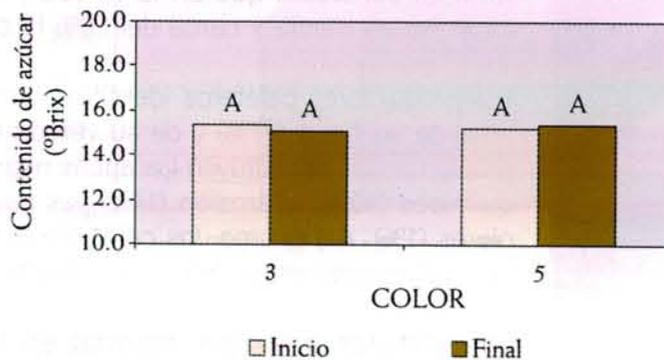


Figura 57. Promedio de los sólidos solubles totales obtenidos durante la validación comercial.

# Sostenibilidad Ambiental

## I. PROYECTO INICIATIVA DARWIN

La biodiversidad y los caficultores colombianos: capacidad para construir valor agregado. ECO 0618.



**Percepciones acerca de la biodiversidad.** Durante el presente año cafetero se continuó el desarrollo del proyecto con énfasis en conocer las perspectivas de la biodiversidad de los caficultores a nivel individual. A través de una entrevista semiestructurada se obtuvo información, de ochenta caficultores de Manizales y Palestina, en aspectos relacionados con la biodiversidad, con los objetivos de catalogar las percepciones e identificar las carencias en conocimientos de los caficultores en torno al tema.

Los caficultores calificaron en una escala de alta, media y baja la biodiversidad a nivel de departamento, municipio, vereda y finca. Opinaron que en el departamento y el municipio la riqueza de especies es mayor si se compara con su vereda y su finca, es así que para cerca del 54% de los productores la biodiversidad en el departamento es alta y para el 45% es media, mientras que el 11,25% y el 12,5% de los caficultores creen que la biodiversidad en la finca y la vereda es alta, respectivamente. La mayoría de los caficultores entrevistados (67,5%), considera que en la vereda y la finca esa riqueza de especies es media y cerca del 20% la califica como baja.

Los productores cafeteros identifican problemas ambientales a nivel de su finca (97%) y de su vereda (100%). Los principales problemas los constituyen las aguas negras (43%), los productos químicos (30%), la erosión (14%), las basuras (12%) y los malos olores (1%). Así mismo, los caficultores (77,5%) consideran que la biodiversidad en su finca y su vereda está disminuyendo.

Los factores que han incidido en la disminución de la biodiversidad en opinión de los entrevistados son la deforestación, la cacería, la contaminación y el crecimiento de la agricultura (Figura 58).

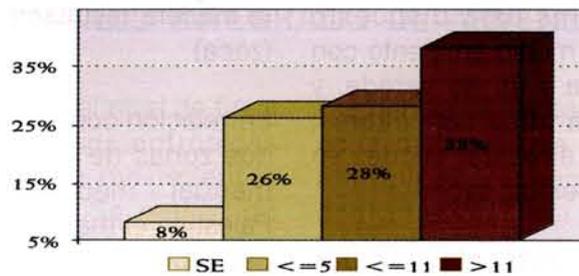


Figura 58. Factores que han incidido en la disminución de la biodiversidad, según los caficultores.

Para la mayoría de los caficultores (67%), la disminución de la biodiversidad es muy grave, 22% de ellos lo considera grave y para el 11% restante no deja de ser un problema, pero lo estima de moderada importancia.

Sin embargo, el 71% de los caficultores entrevistados reconoce que ha contribuido con el problema con el uso de agroquímicos, con el ejercicio de la agricultura y con las aguas residuales del beneficio del café. La Figura 59, permite ver como a medida que los caficultores tienen mayor nivel de escolaridad asumen su participación en el problema.

A pesar de reconocer el impacto de sus actividades en la caficultura, la mayoría de los caficultores (96%) considera que cuida el medio ambiente por que usa en forma adecuada los productos químicos, protege las áreas naturales de la finca, maneja los desechos de la finca y realiza prácticas de conservación de suelos.

El 90% de los caficultores considera que podría emprender acciones de conservación de la biodiversidad en un futuro y que las mismas estarían encaminadas a mantener las áreas naturales de sus fincas (54%), hacer menor uso de agroquímicos (31%) y reforestar (15%).

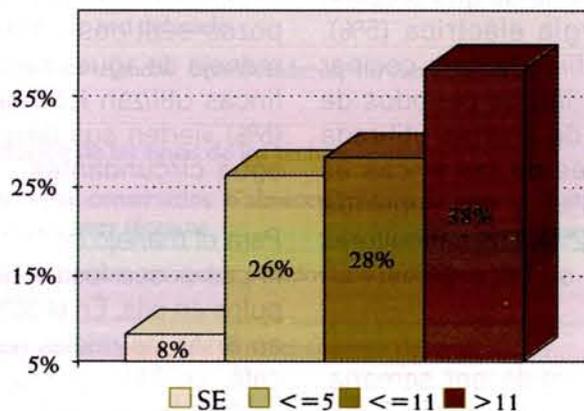


Figura 59. Porcentaje de caficultores según número de años de educación formal cursados, que reconocen responsabilidad en la disminución de la biodiversidad.

El 94% de los caficultores está dispuesto colaborar para proteger el medio ambiente con trabajo físico en su finca y en su vereda, y ofreciendo capacitación a otros caficultores; ninguno estaría dispuesto a realizar aportes en dinero (donaciones, impuestos, etc.).

**Aspectos del manejo ambiental de las fincas.** A pesar de ser sistemas de producción de café contrastantes en cuanto a sistemas de producción y tamaño de fincas, en las dos zonas (Manizales y Palestina) los caficultores cuentan con los servicios públicos básicos (energía eléctrica, acueducto, telefonía, escuelas y vías de acceso a los principales centros de mercado de la región).

La siguiente es una aproximación al manejo de las actividades de la finca que en alguna medida afectan el medio ambiente:

Para el 86% de las fincas la principal fuente de agua la constituyen los acueductos veredales, para el 8% los nacimientos de agua y para el 6% restante ambos. El 16% de las fincas no posee nacimientos o fuentes de agua naturales; para los predios que cuentan con dichas fuentes de agua naturales 93% de estas están ubicadas (nacen) en la propiedad.

La fuente de energía utilizada en la vivienda principal de las fincas proviene de gas propano (55%), leña (40%) y energía eléctrica (5%). Generalmente la leña es utilizada para cocinar alimentos que demandan largos períodos de cocción (maíz). La fuente de energía utilizada en otras casas o cuarteles de las fincas es esencialmente leña (98%) y en segunda instancia, el gas propano (2%). Los caficultores pueden obtener la leña en su finca (97%) y en otras fincas (3%).

La cantidad de leña consumida por semana, en promedio, es de 235 kilogramos por finca. El 100% de los caficultores utiliza como leña

la madera resultante de la renovación del café (zoca).

En relación con el control de arvenses para las dos zonas de estudio, predomina el manejo manual - mecánico, en segundo lugar para Palestina el manejo basado únicamente en uso de herbicidas y en Manizales una combinación (variado) de los manejos manual - mecánico y con herbicidas. El manejo integrado de arvenses es llevado a cabo sólo en Palestina.

El 95% de los caficultores tiene trazados sus cultivos a través de la pendiente, el 22% utiliza barreras vivas para manejar las aguas de escorrentía, el 19% ha construido trinchos y el 15% tiene establecidas coberturas nobles en sus cafetales.

La mayoría de caficultores (83%) realiza aplicaciones de insecticidas químicos para el control de broca, empleando para ello productos de categoría toxicológica I (48%) y categoría III (52%); las aplicaciones las realizan en forma generalizada el 65% de los caficultores y por focos el 35%. Los criterios de aplicación son los niveles de infestación (50%), la posición de la broca en el fruto (34%), los registros de floración (60%) y la observación (50%). La evaluación de la eficacia de las aplicaciones es realizada por el 70% de los caficultores.

El 88% de los predios cuenta con sistema de pozos sépticos y trampas de grasas para el manejo de aguas negras, sin embargo, algunas fincas utilizan letrinas (7%) y un grupo menor (5%) vierten sus desperdicios a las fuentes de agua circundantes.

Para el manejo de la pulpa de café el 85% de las fincas posee fosa y el 15% restante maneja la pulpa en pila. En el 35% de las fincas se manejan en fosas las mieles resultantes del beneficio del café, un 24% cuenta con pozos para dicho fin, un 20% posee lombricultivos y el otro 21% vierte las mieles en la "cañada" (fuente de agua).

## II. MANEJO INTEGRADO DE ARVENSES

Prevención y control de erosión al nivel de finca cafetera. Análisis de las causas antrópicas directas de los problemas de movimientos masales y erosión avanzada. Se realizó un análisis sobre las causas antrópicas directas más frecuentes que conducen a los problemas de erosión avanzada y movimientos masales, utilizando la metodología de la matriz simple de causa- efecto. Dicho análisis se realizó sobre los diagnósticos hechos por investigadores de la Disciplina de Suelos de Cenicafé entre 1996 a 2004, en 31 sitios distribuidos en 15 municipios cafeteros de Colombia, en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca.

Frecuencia de las causas antrópicas. El análisis de la matriz causa- efecto, mostró 15 causas antrópicas frecuentes de los problemas de degradación por erosión avanzada y movimientos masales (Tabla 59). Dichas causas no fueron excluyentes para cada sitio. Con mayor frecuencia se presentó la desprotección de los drenajes naturales (58%). Sobre estas causas se debe enfocar los esfuerzos de extensión y educación a los agricultores y comunidad en general, con miras a prevenir estos problemas de degradación en la región.

Tratamientos de bioingeniería. Se continuaron aplicando los tratamientos de bioingeniería en

Tabla 59.

Frecuencia de las causas antrópicas de los problemas de movimientos masales y erosión avanzada en zonas de ladera de la región cafetera colombiana.

CAUSA ANTRÓPICA	FRECUENCIA (%)
Desprotección de los drenajes naturales	58
Ausencia de cajas colectoras de agua en caminos o carreteras y entrega inadecuada de la misma a media ladera	52
Desyerba indiscriminada con herbicida o azadón	45
Falta de cunetas o taponamiento de las ya existentes en caminos o carreteras	45
Conflicto en la vocación de uso del suelo	39
Aguas provenientes de las viviendas, beneficiaderos, sin canalización o conducción adecuada	35
Viviendas sin canalización de las aguas de los techos	23
Fosas o pozos sépticos mal construidos o almacenamiento de agua sin adecuadas especificaciones técnicas	23
Ausencia de sistemas de drenaje en suelos pesados con problemas de saturación de agua.	19
Agrietamientos de canales o tanques de almacenamiento de agua	13
Desprotección de taludes por medio de desyerbas intensivas	13
Canales sin revestimiento, concentrando volúmenes altos de agua y entrega a sitios sin protección vegetal	13
Presencia de escarpes en taludes de alta pendiente	6
Depósito de basuras en las laderas	6
Conformación de terraplenes sin las debidas medidas de drenaje	3



la sede principal de Cenicafé (Figura 60), y en fincas de agricultores. Los tratamientos demuestran su persistencia alta, ya que en el Centro existen tratamientos establecidos entre 5 a 10 años sin presentar fallas, pero que requieren mantenimiento periódico. La vegetación se desarrolla rápidamente cubriendo el suelo en un lapso de 3 a 5 meses. Son obras económicas, por ejemplo, en la Finca la Argentina, vereda la Trinidad de Manizales se estabilizó un movimiento masal de 200m de longitud por 15m de ancho utilizando 20 jornales y cerca de 180 guaduas vivas de 6m cada una entre otro tipo de vegetación propia de la zona como quebrabarrigo y matarratón. En la misma

localidad, se llevó a cabo el sellamiento de grietas en un cafetal y una carretera interna en un área aproximada de una hectárea y estabilizaron dos movimientos masales con reconstitución de la banca de un camino interno utilizando para todo lo anterior 25 jornales y material vegetal propio de la finca.

Prácticas de Manejo y Conservación de Suelos. Las prácticas de manejo y conservación de suelos son establecidas en las Subestaciones de Cenicafé como tratamientos demostrativos para los caficultores. Un ejemplo es la Subestación Experimental Santander, la cual presenta prácticas modelo de conservación de suelos y aguas, consistentes en:

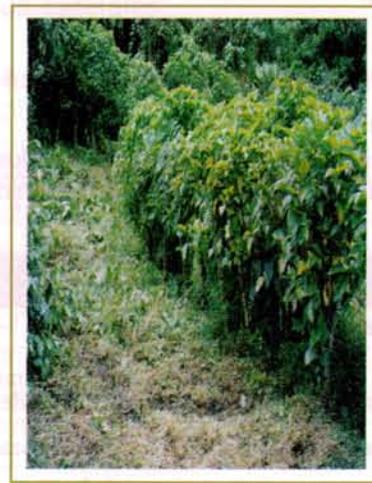
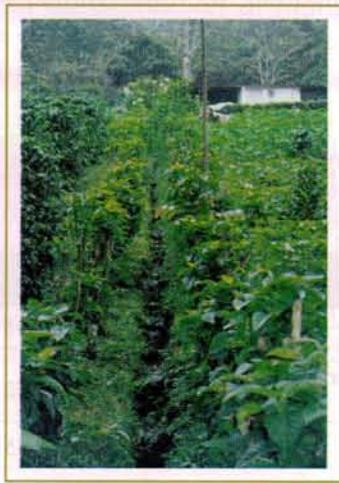


Figura 60. Secuencia de recuperación de un movimiento masal, Cenicafé febrero 2004 a octubre de 2004

- Manejo de aguas de escorrentía por medio de trinchos vivos escalonados, complementados con roca (Figura 61a)
- Protección de drenajes naturales, con plantas espontáneas propias de la zona y quebrabarrigo y trinchos vivos escalonados (Figura 61b).
- Drenaje de lotes de café con suelos pesados y problemas de sobresaturación de agua y encharcamiento. Estos drenajes consisten en filtros en roca que atraviesan los lotes en forma de espina de pescado llevando las aguas subsuperficiales a los drenajes naturales.
- Rotación adecuada y técnica de potreros, pasturas mejoradas.
- Sistemas agroforestales (café y árboles) y bosques naturales en lotes con pendientes superiores al 70%.
- Manejo integrado de arvenses y barreras vivas (Figura 62c y 62d).



Figura 61. Algunas prácticas de manejo y conservación de suelos en la Subestación Santander; a) Manejo de aguas de escorrentía por medio de trinchos vivos escalonados, complementados con roca; b) Protección de drenajes naturales, con plantas espontáneas propias de la zona, quiebrabarrigo y trinchos vivos escalonados; c) manejo integrado de arvenses y d) barreras vivas.

**Influencia del sistema radical de especies arbóreas y arbustivas de la zona cafetera colombiana en prevención y control de movimientos masales.** Se analizó la relación entre la resistencia al cortante tangencial del suelo y las propiedades físicas y mecánicas del mismo. Se encontró relación entre la resistencia al cortante tangencial y algunas propiedades del suelo en la profundidad de 20cm y en el conjunto del perfil (20 a 120cm); en la profundidad de 80cm no se encontró ninguna relación y a 120cm éstas fueron escasas. Se presentó una correlación lineal inversa y altamente significativa ( $P < 0,001$ ) entre el contenido de arcilla y la resistencia al cortante tangencial del suelo para las profundidades 20cm y 20 a 120cm ( $r = -0,94$  y  $r = -0,60$ , respectivamente) (Tablas 60 y 61). Relación similar se observó entre la resistencia al cortante tangencial y la humedad gravimétrica de 20 a 120cm ( $r = -0,54$ ) (Tabla 22). Lo anterior indica que contenidos altos de arcilla y humedad favorecen la disminución de la capacidad de este suelo para soportar esfuerzos cortantes.

Tabla 60.

Coefficientes de correlación lineal simple ( $r$ ) entre la resistencia al cortante tangencial ( $R_c$ ) y diferentes propiedades físicas promedio de un *Acrudoxic melanudands* a 20 cm de profundidad.

Factores variables	$R_c$
Ar	-0,94**
L	0,91**
LP	-0,87*

$R_c$ : Resistencia al cortante tangencial, Ar: contenido de arcilla, L: contenido de limo, I.P: índice de plasticidad. \*\*significativo  $P < 0,01$ , \*significativo  $P < 0,05$ .

**Tabla 61.**  
Coeficientes de correlación lineal simple (r) entre la resistencia al cortante tangencial (Rc) y diferentes propiedades físicas promedio de un *Acrudoxic melanudands* de 20cm a 120cm de profundidad.

Factores variables	Rc
Ar	-0,60**
A	0,47*
$\theta_g$	0,54**
Da	0,48*
Dr	0,50*
LL	-0,58**
LP	-0,58**
Dp	0,65**

A: contenido de arena,  $\theta_g$ : humedad gravimétrica, Da: densidad aparente, Dr: densidad real; estabilidad de la agregación, LL: límite líquido, Dp: profundidad del perfil.  
\*\*significativo  $P < 0,01$ , \*significativo  $P < 0,05$ .

Los valores de límite plástico y líquido mostraron relación inversa con respecto a la resistencia al cortante tangencial del suelo (Tablas 60 y 61). Según Suárez, 1998, entre más plástico sea el material mayor será su potencial de expansión y menor su resistencia al cortante tangencial, lo cual concuerda con los resultados del presente estudio, pues en las profundidades clasificadas como no plásticas (80 y 120cm) la resistencia al corte tangencial fue 27% y 57% superior a la obtenida en la profundidad de 20cm la cual presentó un leve grado de plasticidad. Lo anterior podría explicar la baja ocurrencia de movimientos masales profundos en suelos de la unidad Chinchiná, *Acrudoxic melanudands*, comparado con otras unidades de suelo. Mediante análisis de regresión lineal múltiple, utilizando el método de selección stepwise, se encontró que para las condiciones del estudio, la mejor estimación de la resistencia al cortante tangencial se puede lograr aplicando el modelo:  $Rc = 477,8 - 7,356EA + 308,6Da$ ; Siendo EA la estabilidad de la agregación y Da la densidad aparente del suelo.

## Manejo integrado de arvenses

**Umbrales económicos para el manejo integrado de arvenses en el cultivo del café.** El experimento busca determinar los umbrales económicos de arvenses en el cultivo de café, con el fin de contribuir a la conservación de suelos y la disminución de los costos de las desyerbas. Con los valores acumulados de las primeras dos cosechas de café se realizó una estimación de los umbrales económicos de las siguientes cuatro especies de arvense: *Paspalum paniculatum* (Gramalote), *Commelina* sp. (Siempre viva), *Bidens pilosa* (Masequia) y *Emilia sonchifolia* (Emilia). Se evaluaron dos épocas de interferencia, la primera desde el momento de la siembra hasta 44 meses después de la misma (mds) y la segunda desde los 24mds hasta 44mds. Se determinó además, el efecto del Manejo Integrado de Arvenses (MIA) sobre la producción.

En todos los casos, las arvenses en sus diferentes niveles de cobertura, causaron disminución de la producción de café de

manera altamente significativa con relación al tratamiento testigo consistente en nivel de cobertura cero (Figuras 62 y 63). Los índices de interferencia mayores sobre la producción de café, reflejados en los valores de pendiente de regresión (b), Figuras 63 y 64 se observaron durante la época de 0 a 44 mds. En la época 24 mds a 44 mds, dichos valores fueron bajos, comparados con los obtenidos en la primera época evaluada (Figura 64), lo anterior debido al adecuado desarrollo del cultivo el cual desfavoreció las condiciones de adaptación de

las arvenses en las calles, además durante los primeros 24 meses del cultivo se realizaron desyerbas oportunas con la aplicación del MIA.

Durante la primera época (0 a 44 mds), la arvense que registró mayor índice de interferencia fue *E. sonchifolia* ( $b=550,85$ ), seguida por *P. paniculatum* ( $b=440,1$ ), el valor más bajo de pendiente lo presentó *B. pilosa* ( $b=160,45$ ). El MIA no presentó diferencias estadísticas en producción con relación al tratamiento testigo (Figura 64).

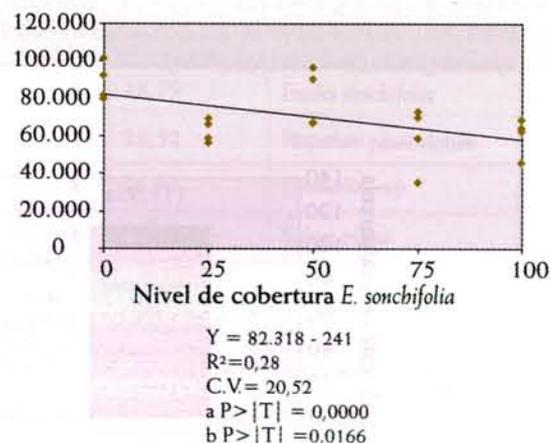
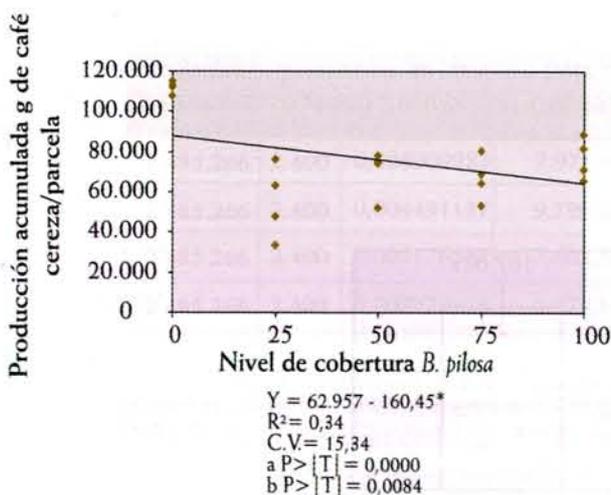
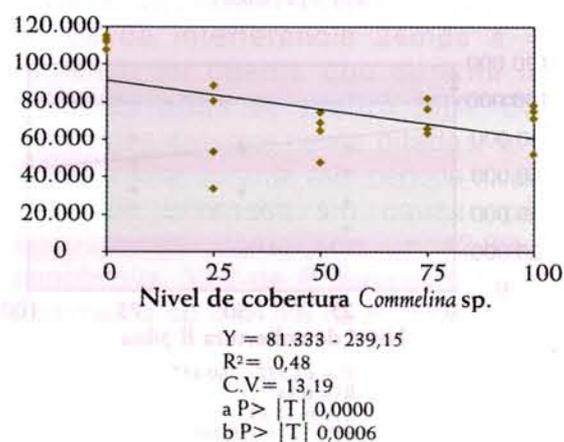
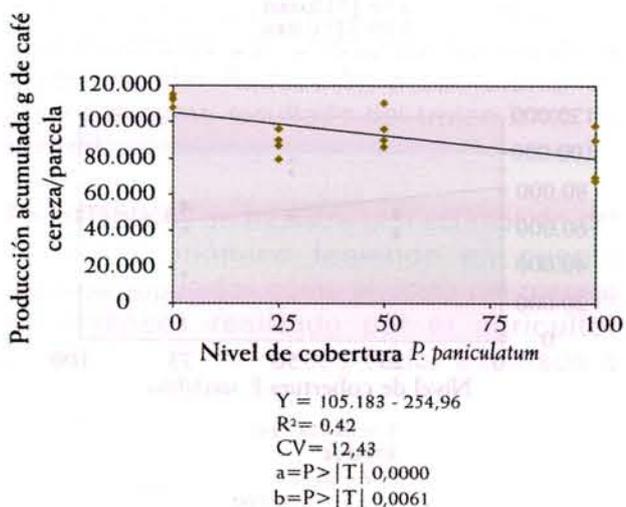


Figura 62. Efecto sobre la producción acumulada (dos cosechas) del cultivo del café, de diferentes niveles de cobertura de cuatro especies de arvenses que interferían en las calles del cultivo desde la siembra hasta 44 meses después (mds). (tamaño de la parcela efectiva 20m<sup>2</sup>).

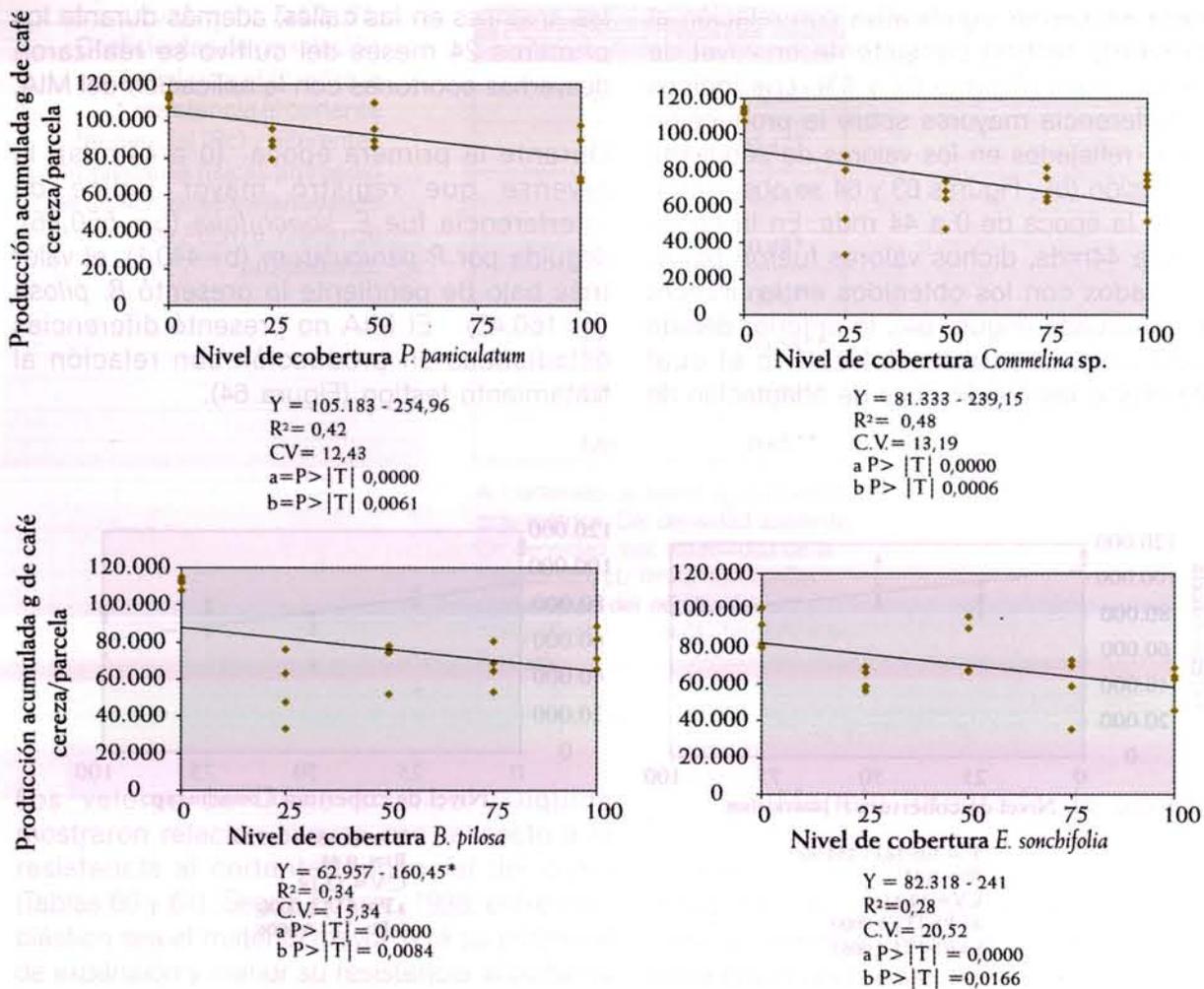


Figura 63. Efecto de diferentes niveles de cobertura de cuatro especies de arvenses que interferían en las calles del cultivo a partir de los dos años de edad del cultivo. Los primeros dos años se realizó el Manejo Integrado de Arvenses (MIA).

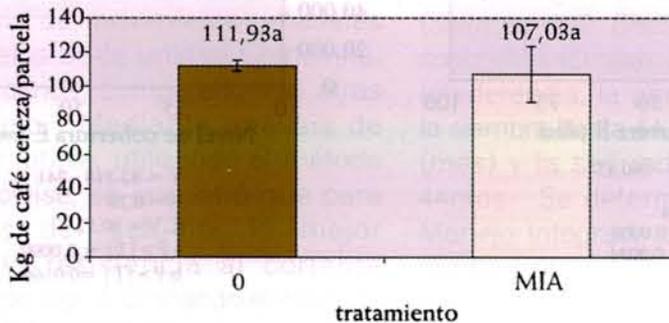


Figura 64. Efecto del manejo libre de coberturas (0) y del MIA desde la siembra hasta 44 mds sobre la producción acumulada de café (primeras dos cosechas).

\*Letras iguales indican que no hay diferencia estadística según análisis de varianza  $F < 0,05$ . (parcela efectiva  $20 m^2$ ).

Estimación del umbral económico de arvenses en el cultivo del café: Se estimó el umbral económico de arvenses según la siguiente ecuación de Coble y Mortensen, 1992.

$$U_e = \frac{C}{YPLH}$$

Donde:  $U_e$  = Población de arvenses donde se alcanza el umbral económico, C = Costo del manejo de arvenses, Y = Rendimiento del cultivo libre de arvenses, P = Valor del cultivo por unidad cosechada, L = Perdidas proporcionales por unidad de densidad de arvenses, H = Reducción proporcional de arvenses como resultado del tratamiento de control.

En la Tabla 62 se muestra una estimación del umbral económico teniendo en cuenta algunos supuestos como el costo del manejo de arvenses realizado por el agricultor \$2'485.266/ha/44 meses (valor estimado a

partir del costo del Manejo de Arvenses del agricultor en cinco fincas cafeteras, según experimento SUE 10-23, valor de venta de café de \$2.400/kg de cps y los parámetros de regresión obtenidos al relacionar el nivel de cobertura de diferentes arvenses y la productividad del cultivo (Figura 60). Se observa, que bajo estos supuestos, el cultivo de café puede tolerar durante 0 a 44 mds un 18,7% de *E. sonchifolia*, 23,5% de *P. paniculatum*, 26,3% de *Commelina* sp. o 50,3% de *B. pilosa* sin causar pérdidas económicas.

En la Tabla 63 se muestra una estimación de los umbrales económicos de arvenses para la época de interferencia 24mds a 44mds, teniendo en cuenta que durante los dos primeros años se realizó MIA. Bajo los supuestos anteriormente citados, el cultivo puede tolerar durante éste período niveles más altos de arvenses sin causar pérdidas económicas, como son un 42,9% de *E. sonchifolia*, 33,8 de *P. paniculatum*, 52,5 de *Commelina* sp o 64,5% de *B. pilosa*.

Tabla 62.

Aproximación al umbral económico de arvenses, debido a la interferencia durante 44 meses con el cultivo de café.

C* \$/ha/44 meses	P \$/kg	L b/a **	Y a ** (kg cps/ha)	H***	UE % Cobertura	Arvense
2'485.266	2.400	0,006909983	7.971,8	1	18,79	<i>Emilia sonchifolia</i>
2'485.266	2.400	0,004491137	9.799,3	1	23,52	<i>Paspalum paniculatum</i>
2'485.266	2.400	0,005176587	7.602,5	1	26,31	<i>Commelina</i> sp.
2'485.266	2.400	0,003973126	5.179,8	1	50,31	<i>Bidens pilosa</i>

\*Valor estimado a partir de costo del Manejo de Arvenses del agricultor en 5 fincas cafeteras durante 2 años. Experimento SUE 10-23.

\*\* Parámetros de regresión lineal. \*\*\*Se asume disminución del nivel de arvenses de un 100% debido al manejo de las mismas.

Tabla 63.

Aproximación al umbral económico, debido a la interferencia de arvenses a partir del segundo año del cultivo de café (los primeros dos años del cultivo con MIA).

C \$/ha/44 meses	P \$/kg	L b/a	Y a (kg cps/ha)	H***	UE % Cobertura	Arvense
2'485.266	2.400	0,002928	8.231,8	1	42,96	<i>Emilia sonchifolia</i>
2'485.266	2.400	0,002424	10.518,3	1	33,48	<i>Paspalum paniculatum</i>
2'485.266	2.400	0,002940	8.133,3	1	52,52	<i>Commelina sp.</i>
2'485.266	2.400	0,002549	6.295,7	1	64,53	<i>Bidens pilosa</i>

La arvense de interferencia más baja fue *B. pilosa*, ya que el cultivo puede tolerar niveles altos de ella sin afectar la relación costo-beneficio. La arvense de mayor interferencia durante el primer período 0 a 44 mds fue *E. sonchifolia*, niveles de cobertura bajos de la misma causan pérdidas económicas. Durante la segunda época de interferencia el cultivo tolera niveles más altos de esta arvense.

A pesar de *Commelina sp.* ser considerada como arvense noble, se demuestra que podría ser una arvense que interfiere en grado alto con el cultivo si no se hace manejo de la misma, lo anterior indicaría la importancia del MIA, el cual permite el establecimiento de diversidad especies de arvenses, las cuales también requieren de manejo, continuando la filosofía de no desnudar el suelo. El MIA desde 0 a 44 mds, no mostró diferencias en producción con relación al tratamiento testigo libre de coberturas.

Uso eficiente del glifosato para el manejo integrado de arvenses en el cultivo del café. Se evaluó el efecto de una lluvia simulada de 120mm/h, aplicada en varios períodos de tiempo (1h, 2h, 4h y 6h) después de la aplicación de herbicida con el selector de arvenses a una concentración del 10% de producto comercial. La lluvia tuvo una duración

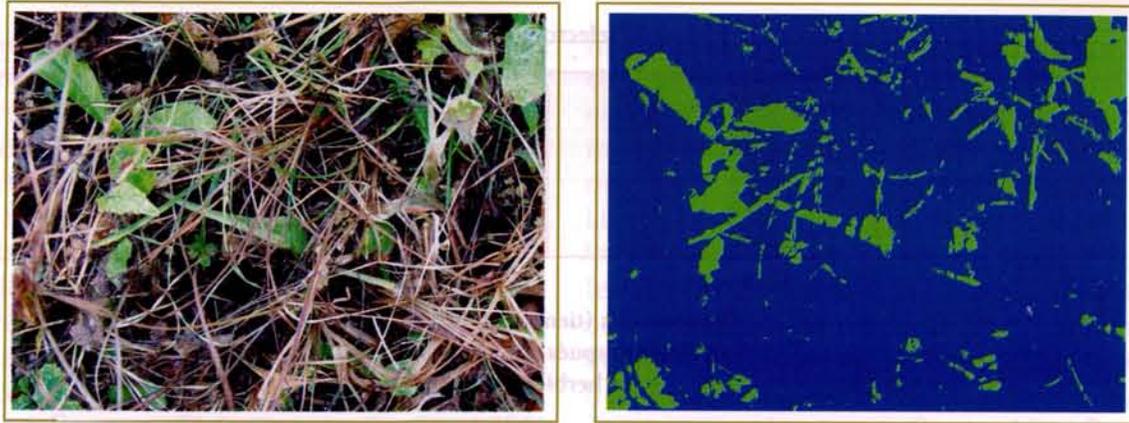
de 5min, es decir que fueron aplicados 10mm de lluvia en ese lapso de tiempo. Además como segunda evaluación, se determinó el efecto de una lluvia simulada de 60mm/h, aplicada en varios periodos de tiempo (1h, 2h, 4h y 6h) después de la aplicación de herbicida con equipo de aspersion a una dosis de 960 g de glifosato/ha y se comparó el mismo efecto con selector de arvenses a una concentración del 10% de producto comercial.

La determinación del porcentaje de control de arvenses se hizo mediante la utilización de un software analizador de imágenes digitalizadas, el cual fue ajustado previamente mediante algoritmos específicos que permitían separar el porcentaje de materia vegetal viva (color verde) de la proporción ocupada por material vegetal muerto y suelo desnudo (Figura 65). Se encontró que una lluvia de 120mm/h afecta el porcentaje de control, si ésta ocurre durante las 2h después de la aplicación de herbicida con selector de arvenses (Figura 66). Al comparar el efecto del período de ocurrencia de una lluvia de 60mm/h después de la aplicación de herbicida con equipo de aspersion y selector de arvenses, se encontró que dicha lluvia tiende a afectar el control realizado con equipo de aspersion y no afecta el control de arvenses realizado con selector según análisis de varianza (Figuras 67 y 68).

Figura  
(a)  
co

Figura  
acompa  
prueba

Figura  
previ  
esta



13,29% de cobertura viva después de la aplicación del tratamiento herbicida

Figura 65. Imágen digital de cobertura de arvenses en materas de 0,1m<sup>2</sup>, antes (izquierda) y después (derecha) de procesadas por el programa analizador de imágenes. El porcentaje indica la proporción de cobertura viva.

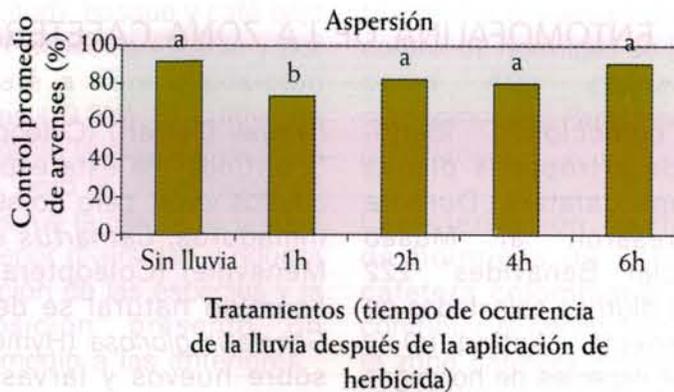


Figura 66. Efecto de una lluvia simulada de 120mm/h, sobre el control de arvenses con selector. (Tratamientos acompañados con letras diferentes indican diferencia estadística con relación al tratamiento sin lluvia según prueba Dunnett al 5%).

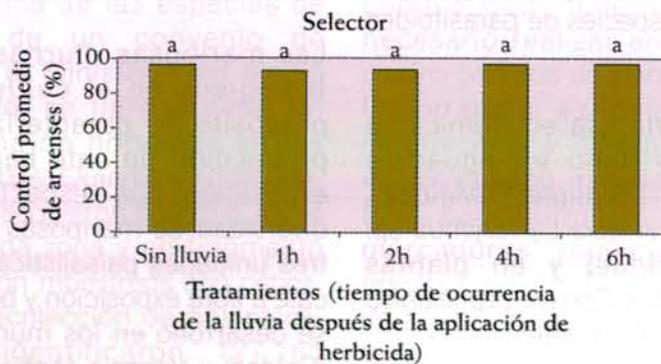


Figura 67. Efecto de una lluvia simulada de 60mm/h, sobre el control de arvenses con equipo de aspersión previa retenida 960g de glifosato/ha. (Tratamientos acompañados con letras diferentes indican diferencia estadística con relación al tratamiento sin lluvia según prueba Dunnett al 10%).



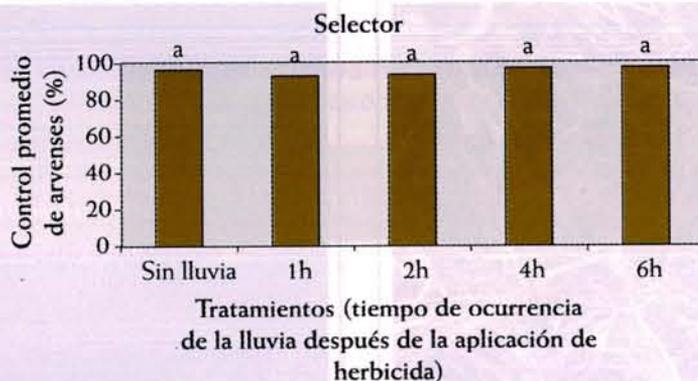


Figura 68. Efecto de una lluvia simulada de 60mm/h sobre el control de arvenses con selector. (Tratamientos acompañados con letras iguales no difieren estadísticamente según análisis de varianza prueba F al 5%).

### III. ENTOMOFAUNA DE LA ZONA CAFETERA

**Reconocimiento, colección, identificación y biología de artrópodos plagas y benéficos de la zona cafetera.** Durante este periodo ingresaron al Museo Entomológico "Marcial Benavides" 222 especies de mariposas diurnas colectadas en las regiones de Venecia (Antioquia) y Chinchiná (Caldas); 154 especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) de las zonas cafeteras de El Cairo (Valle), Támesis (Antioquia) y San Gil (Santander); 136 especies de hormigas colectadas en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda y Antioquia; 110 especies de hemípteros asociados al cultivo de la macadamia y nueve especies de parasitoides de hemípteros.

Como plagas de importancia económica se registraron causando daño en aguacate *Monalonia velezangelli* (Hemiptera: Miridae), en cultivos de uva (*Vitis vinifera* L.) *Torymus* sp. (Hymenoptera: Torymidae) y en plantas procesadoras de alimentos *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae).

En café almacenado se registraron las especies: *Araecerus fasciculatus* (DeGeer) (Coleoptera: Anthribidae); *Hypothenemus*

*hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) de esta especie se encontraron adultos vivos, pero no se observaron estados inmaduros; *Cathartus quadricollis* (Guérin-Ménéville) (Coleoptera: Cucujidae). Como enemigo natural se determinó la especie *Gonalezia gloriosa* (Hymenoptera: Encyrtidae) sobre huevos y larvas de *Compsus* n.sp. (Coleoptera: Curculionidae). Adicional a estos registros se procesaron 136 muestras de insectos pertenecientes a 51 especies asociadas a diferentes cultivos de la zona cafetera, insectos que fueron traídos por productores e investigadores del Centro.

**Las mariposas diurnas como indicadores biológicos en el cultivo del café.** Con el propósito de caracterizar los sistemas de producción de café bajo sombrero y a libre exposición, con respecto a la abundancia y diversidad de mariposas diurnas se evaluaron tres unidades paisajísticas: café bajo sombrero, café a libre exposición y bosque. El experimento se desarrolló en los municipios de Chinchiná (Caldas) y Venecia (Antioquia) entre los meses de abril de 2003 y marzo de 2004. En cada unidad se realizaron 12 muestreos, el registro se realizó mediante censo visual y red

entomológica. Para el análisis de los datos se utilizaron los índices de riqueza (Margalef), diversidad (Shannon, Simpson, Números de Hill's), equidad (E5) y similitud (Sorensen). Se registraron 18.090 individuos distribuidos en 222 especies pertenecientes a cinco familias: Hesperidae, Lycaenidae, Nymphalidae, Papilionidae y Pieridae. De acuerdo con los índices, la unidad café bajo sombrero presentó la mayor diversidad y riqueza, seguida por la unidad café a libre exposición y, por último, la unidad Bosque. El Índice de Equidad (E5) muestra a la unidad bosque con la mejor distribución de la abundancia de las especies dentro de la muestra, seguida por café a libre exposición y la unidad café bajo sombrero. Según el índice de Sorensen, las unidades café bajo sombrero y a libre exposición comparten 103 especies (57% de similitud), bosque y café bajo sombrero comparten 77 especies (32,6%) y por último, bosque y café a libre exposición comparten 67 especies (19,3%). El cultivo de café bajo sombrero presentó la mayor diversidad y riqueza de especies, pero la uniformidad en la distribución de éstas fue la menor, la unidad bosque presentó la menor diversidad y riqueza pero la mejor distribución de las especies y la unidad libre exposición presentó un comportamiento intermedio a las anteriores.

**Diversidad de hormigas en la zona central cafetera colombiana.** Con el fin de contribuir al conocimiento de las hormigas en la zona cafetera colombiana, establecer cuales son de importancia agrícola y ecológica, y determinar la variabilidad genética de las especies de interés, a través de un convenio de cofinanciación entre el Ministerio del Medio Ambiente y Cenicafé, se llevó a cabo un muestreo de la fauna de hormigas en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda. En cada localidad se escogieron cuatro cultivos representativos de cada zona y un fragmento de bosque. Se realizaron muestreos con cebos, trampas de caída y recolección de hojarasca. Se colectaron e identificaron 127.181 especímenes, encontrándose 137 especies. El departamento de Caldas presentó en total 104 especies, Quindío 86 y Risaralda 79. La subfamilia Myrmicinae presentó el mayor

número de géneros (28) y especies (73), seguido de Ponerinae con 14 géneros y 35 especies. El valor de diversidad fue mayor en los fragmentos de bosque. Los mayores valores de dominancia se encontraron en cafetales a libre exposición y cultivos de cítricos. Debido a la deficiencia de las claves y a la complejidad fenotípica observada, es necesario complementar los estudios morfológicos con análisis moleculares en cuatro géneros de hormigas de importancia agrícola: *Atta*, *Acromyrmex*, *Acropyga* y *Paratrechina*. Por este motivo se inició la implementación de metodologías para la extracción de DNA y la amplificación de marcadores moleculares RAPDs y AFLPs. Estos estudios permiten la determinación de diferencias entre individuos de distintas localidades, muy importante a nivel taxonómico y en el diseño de prácticas de control de hormigas de importancia económica como *Atta cephalotes*, *Acromyrmex octospinosus*, *Paratrechina fulva* y *Acropyga fuhrmanni*.

**Caracterización morfológica y molecular de hormigas de importancia en la zona cafetera colombiana.** Con el propósito de contribuir al conocimiento de las hormigas en la zona cafetera colombiana y determinar la variabilidad genética de las especies de importancia económica, se llevaron a cabo muestreos de la fauna de hormigas en los departamentos de Antioquia, Caldas, Quindío y Risaralda. Debido a la falta de claves taxonómicas para el Neotrópico y a la complejidad fenotípica observada, fue necesario realizar análisis moleculares en cuatro géneros de hormigas, consideradas de importancia agrícola: *Atta*, *Acromyrmex*, *Paratrechina* y *Acropyga*. Por tal motivo se implementaron metodologías de extracción de DNA para hormigas y la amplificación de marcadores moleculares RAPD's. Los resultados permitieron confirmar la presencia de cuatro especies del género *Acropyga* para la zona central cafetera colombiana: *A. fuhrmanni*, *A. exsanguis*, *A. goeldii rutgersi*, y *A. berwicki*. De igual forma se confirmaron las diferencias entre las especies *A. fuhrmanni* y *A. berwicki*, siendo *A. fuhrmanni* la única que

alcanza umbrales de daño económico en el cultivo del café. Los géneros de hormigas cortadoras *Atta* y *Acromyrmex*, presentaron un alto vínculo entre las diferentes poblaciones analizadas (coeficiente de similitud alto y medio-alto), lo cual muestra que las diferentes localidades evaluadas no presentan una alta variabilidad en campo. Con respecto al género *Paratrechina*, se presentó un vínculo mediano entre las localidades evaluadas (coeficiente de

similitud de valor medio), mostrando así un grado medio-alto de distancia genética entre las diferentes localidades evaluadas. A pesar de la existencia de numerosos caracteres morfológicos establecidos para tener una correcta identificación, estos muestran inconsistencias con nuestros análisis morfológicos y moleculares, lo cual hace necesario una nueva revisión de las claves taxonómicas.

#### IV. MANEJO INTEGRADO DE LA BROCA

##### Monitoreo de poblaciones de broca en cafetales usando trampas cebadas con atrayentes

Las trampas cebadas con atrayentes para la captura de la broca del café son una herramienta importante para estudiar la dinámica de los vuelos de broca en los cafetales. A través del registro ordenado de su captura pueden determinarse los patrones de vuelo de la broca en una finca o en una región, si estos datos se consolidan. Esta información es importante para que el cafetero tome medidas de manejo para la broca más eficientes, debido a que puede decidir sobre el momento más oportuno de control contra la broca, que en un momento dado esté tratando de perforar nuevos frutos.

El patrón de distribución de las capturas de adultos de broca que puede expresarse como la época de vuelo de estos insectos, muestra un comportamiento bastante similar para cada uno de los sitios de estudio, en relación con los tres años evaluados. Sin embargo, comparativamente se puede observar que las cantidades de insectos capturados pueden variar.

En las localidades en donde la cosecha principal es en el segundo semestre del año se observa como la frecuencia de los vuelos de la broca y su proporción es mayor entre enero y

mayo que en el resto del año. Los mayores picos se observan entre marzo y abril. Si se logra establecer una red de trampas en una región y se centraliza el análisis de la información, esta puede convertirse en un mecanismo de alerta para el caficultor en las diferentes regiones cafeteras.

##### Cría masiva de la broca del café y del parasitoide *Phymastichus coffea*.

La dieta Cenibroca por su viscosidad no ha resultado practica para adaptarse a un sistema automatizado y ser procesada en maquinas esterilizadoras de 40 litros de capacidad, acopladas a dispensadores, moldeadores y selladores configurados para servir dieta e inocular insectos (USDA-ARS-CSRL-BCMRRU Gast Facility's Flash Sterilizer). Por lo tanto, se buscaron otras alternativas con el objetivo de lograr la producción masiva de la broca del café. Las técnicas de cría de broca y del parasitoide *P. coffea* desarrolladas en los laboratorios de Cría Masiva de Insectos de la USDA, ARS, Mississippi permitieron producciones de estos insectos en gran escala mediante el uso de equipos industriales elaborados para el procesamiento de dietas artificiales. El sistema de producción de cría de broca comprende: A. Preparación de la dieta: Cantidades de 20 litros de dieta Cenibroca puede ser procesada en aproximadamente 20

minutos en una olla a vapor OM-TDB/7 (Steam Jacketed Kettle) acoplada a un mezclador automático Stir-Pak Mixer Head 50002-02. Estas ollas son equipos comunes, económicos, fáciles de mantener y usar. Son utilizadas en procesos de calentamiento con calibración de temperatura para no afectar los componentes de la dieta. B. Elaboración de bandejas, dispensar dieta e inocular insectos: 350 Bandejas de 32 celdas 14,6cm x 55,1cm x 1,1cm con base perfectamente redondeada, elaboradas en vinilo calibre 2,0mm (American Mirrex Corp.) son formateadas en aproximadamente 15 minutos en la máquina Form-Fill-Seal de la USDA. Los mismos recipientes son servidos con 20 litros de dieta Cenibroca, utilizando propulsores de bomba automático 7523-60 (Mastertlex Pum drives) conectados a un cabezote de seis dispensadores 07519-85 (cartridge pump head system), este proceso le toma a un operario entre dos a tres horas. La inoculación de insectos se hace manual, la calidad de la broca es fundamental para tener éxito con su reproducción. C. Cosecha: Las brocas hembras se cosechan con cernidores, Standar Testing Sives 20-25 y 30 mesh con agitadores eléctricos WS TYLER RX-812. 900.000 estados de broca (aproximadamente 700.000 brocas hembras) se obtienen en 20 litros de dieta Cenibroca. Extraer los estados de broca de 20 litros de dieta toma aproximadamente una hora.

Las cantidades de broca producidas facilitaron las investigaciones y el desarrollo de técnicas de producción masiva del parasitoide *P. coffea* para el cual no fue necesario un proceso automatizado. Para inocular 700.000 brocas hembras parasitadas se necesitan aproximadamente dos litros de dieta MP (Nueva dieta desarrollada para la producción masiva de *P. coffea*). La dieta MP se prepara en licuadoras industriales de cuatro litros y se sirve en aproximadamente diez minutos. Para el proceso de parasitación se utilizan 25g de dieta MP, 10.000 brocas hembras activas, 1.000 parasitoides hembras y 200 parasitoides machos por recipiente. La cosecha se realiza separando de la dieta MP las momias de las brocas parasitadas. Para este proceso se

utilizan los mismos cernidores con agitadores mecánicos que se usan en la cosecha de broca. Un millón de brocas hembras parasitadas se colectan en aproximadamente 45 minutos.

Las parasitoides de *P. coffea* obtenidos en esta investigación se exportaron a nueve países con el objetivo de introducirlos a las diferentes zonas cafeteras afectadas por la broca del café y que no tenían reportes de anteriores liberaciones. Hasta el momento seis países, Costa Rica, Perú, El Salvador, Jamaica, La India y Togo han reportado establecimientos.

La producción de broca obtenida a través de este estudio, ha sido utilizada para apoyar con material biológico a los diferentes proyectos de broca que la USDA esta llevando acabo en Maryland, California y Mississippi. Además, se inicio un nuevo proyecto cooperativo con el apoyo del Dr. Jack Armstrong líder del Postharvest Tropical Commodities Research Unit, USDA, Hilo, Hawaii, proyecto que se termina en julio de 2005.

## Entomopatógenos de la broca

Aislamiento de hongos endofíticos del árbol de café. Esta investigación tuvo como objetivo aislar los hongos endofíticos presentes en las hojas y frutos del árbol de café. Se realizaron muestreos en Colombia, Hawaii, México y Puerto Rico, que fueron procesados en el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), donde se detectó la presencia de hongos endofíticos en diferentes tejidos de la planta de café. Se obtuvieron más de 990 aislamientos de hongos endofíticos dentro de los cuales se encontró el hongo *Beauveria bassiana*. La evaluación simultánea de la patogenicidad del aislamiento endofítico (CS16-1) con aislamientos obtenidos de la broca del café, probó que ocasiona 100% de mortalidad cuando se evaluó por inmersión y aspersión utilizando una concentración de  $1 \times 10^7$  esporas/ml. Adicionalmente, la evaluación de los métodos de inoculación de plántulas de café por aspersión, inyección y

riego demostró que el hongo *B. bassiana* se establece en la planta de café por un período de seis meses. En tejidos de la planta de café utilizados para aislar los hongos endofíticos se encontró la asociación permanente de 87 aislamientos de bacterias endofíticas pertenecientes a 22 géneros.

### Entomonematodos para el control de la broca

#### Reconocimiento de entomonematodos en suelos de la zona cafetera colombiana.

A través de un convenio de cofinanciación entre el Ministerio del Medio Ambiente y Cenicafé, con el propósito de conocer la biodiversidad de los nematodos entomopatógenos en la zona cafetera, se realizaron muestreos de suelo en los departamentos de Caldas y Risaralda. Los hábitat muestreados correspondieron a café a libre exposición, café bajo sombrío, cítricos, plátano y parches de bosque. De un total de 500 muestras colectadas, 35 resultaron positivas para la presencia de nematodos endoparásitos (18 en Caldas y 17 en Risaralda). Según la sintomatología de infección, 33 muestras, correspondieron al género *Steinernema* y dos muestras a *Heterorhabditis*. En el hábitat correspondiente a café con sombrío se encontraron nematodos en el 50% de las muestras. El 85% de estos nematodos presentaron una buena capacidad de multiplicación en *Galleria mellonella* y diferentes niveles de patogenicidad sobre el cogollero del maíz, *Spodoptera frugiperda*, causando mortalidades entre el 4% y el 92%. Debido a la complejidad en la identificación fenotípica de las muestras se está realizando una identificación molecular. Las restricciones de la región ITS han permitido obtener patrones polimórficos que separan las muestras en tres grandes grupos, un grupo asociado con *Steinernema feltiae*, otro grupo en donde se encuentran la mayoría de aislamientos nativos asociado con *Steinernema* diferentes a *S. feltiae* y dos aislamientos diferentes (CEN A y CEN B) que no se asocian con ninguno de los grupos. La secuenciación de estos ITS permitirá

esclarecer el grado de variabilidad. El análisis de RAPD's diferencia los aislamientos a nivel de géneros, identificando al menos un *Heterorhabditis* entre las muestras nativas.

**Estudio de la diversidad biológica de nematodos entomopatógenos de las familias *Steinernematidae* y *Heterorhabditidae* de la zona cafetera colombiana.** Se realizó el análisis molecular de 37 poblaciones de nematodos entomopatógenos aislados de cuatro regiones de la zona cafetera colombiana (Estación Central Naranjal y Subestaciones La Catalina, Paraguaicito y Líbano) pertenecientes a los géneros *Steinernema* sp y *Heterorhabditis* sp. Este análisis consistió en la identificación de las especies por medio de técnicas moleculares como RAPD's, RFLP's y secuencias ITS. Cada una de estas técnicas permitió la construcción de árboles filogenéticos que son importantes como datos preliminares de identificación taxonómica de estos dos géneros. Los resultados indicaron que aunque no se encontraron muchas muestras de nematodos, los que se analizaron molecularmente presentaron variabilidad genética entre sí, y se organizaron en grupos de acuerdo a las características similares presentadas en el estudio morfológico. La comparación de las 32 secuencias de ITS obtenidas en el GenBank database, mostró que estaban relacionadas con *S. oregonense*, *S. feltiae*, *S. carpocapsae*, *Steinernema* sp LQ-2003. Además se halló una muestra de heterorhabditidos, que se diferenció en la caracterización morfológica. Es necesario corroborar los resultados de los marcadores moleculares con los estudios morfométricos, y características de infección sobre insectos con el fin de tener una identificación clara y precisa acerca de las muestras recolectadas, lo cual permitirá dilucidar la diversidad de nematofauna presente en la zona cafetera colombiana.

**Desarrollo de un proceso para la producción de entomonematodos en larvas de *Galleria mellonella*.** Esta investigación es cofinanciada por Colciencias

y tuvo como producto *Galleria mellonella* el control de *hampel* de vida y producción ciclo de tempera encontr incrementa en 178 respecta cuatro 100, 150 se encuentra cuando 150 poli cantidad oviposición determin mayor evaluar 300, 400 300 gram para pre que pre (230 la (23,16% de Juve modific Esto se (Steiner produc 6'870.9 6'299.9 almace que es Steiner genera cría de escala.

Implement de do parásit propósito la produ evaluó e pesos e

y tuvo como objetivo desarrollar un sistema de producción masiva de larvas de *Galleria mellonella* (L) y de entomonematodos (EN) para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Para ello se estudió el ciclo de vida de *G. mellonella*, su oviposición, producción de larvas y la producción de EN. El ciclo de vida de *G. mellonella* se evaluó a tres temperaturas constantes (20, 25 y 30°C) y se encontró que fue más corto a medida que se incrementó la temperatura. Éste se completó en 178,8; 82,3 y 62,4 días a 20, 25 y 30°C, respectivamente. La oviposición se evaluó para cuatro densidades de parejas de polillas: 50, 100, 150 y 200 adultos en jaulas de 0,125m<sup>3</sup> y se encontró que la oviposición aumenta cuando se incrementa la densidad hasta en 150 polillas. Con 150 polillas se registró la mayor cantidad de huevos (60.612) y la tasa de oviposición más alta (4.423,84). También se determinó la densidad con la que se obtiene el mayor número de larvas de último instar. Se evaluaron cuatro densidades de huevos (200, 300, 400 y 500) por recipiente de 14.328cm<sup>3</sup> con 300 gramos de dieta artificial. La mejor densidad para producir larvas de último instar es 300, ya que presenta una alta producción de larvas (230 larvas) y la mortalidad es la más baja (23,16%). Para los EN se evaluó la producción de Juveniles Infeccivos (JI) en trampa "White" modificada y la mortalidad en almacenamiento. Esto se hizo para dos especies de nematodos (*Steinernema* sp. y *Heterorhabditis* sp.). La producción acumulada alcanzó valores de 6'870.918 JI para *Steinernema* sp. y de 6'299.990 JI para *Heterorhabditis* sp. Al almacenar los entomonematodos se encontró que es mayor en *Heterorhabditis* sp., que en *Steinernema* sp. Los resultados anteriores generan información que permite realizar una cría de *Galleria mellonella* y de los EN a pequeña escala.

**Implementación de la producción masiva de dos especies de entomonematodos parásitos de la broca del café.** Con el propósito de obtener larvas de buen peso para la producción masiva de entomonematodos se evaluó el peso de larvas con cuatro dietas. Los pesos encontrados en promedio fueron de 0,22,

0,27, 0,004 y 0,30 gramos para las dietas A (Salvado, azúcar, glicerina, vitaminas, agua), B (Salvado, Miel, Cera, Levadura, Glicerina), C (Germen trigo, azúcar, glicerina, agua), y D (Dieta natural), respectivamente. Se seleccionó la dieta B (Tukey 5%) debido a que con ésta se obtiene un alto peso por larva, además de que los ingredientes de la dieta son fáciles de conseguir y su preparación es sencilla.

Se mantuvo en las condiciones apropiadas la cría de *G. mellonella* para obtener larvas de último instar. Se sembraron un total de 474 cajas (dieta con huevos del insecto) para la producción de larvas y se cosecharon en total 380 cajas. La cantidad promedio por caja fue de 780 larvas, con lo cual se produjo un total de 300.460 larvas de último instar.

Las producciones de entomonematodos se concentraron en la especie *Steinernema* sp. la cual fue la especie seleccionada para llevar a cabo los diferentes experimentos. Para la producción de entomonematodos se infectaron un total de 283.367 larvas de *G. mellonella*, obteniéndose un total de 8.194 millones de entomonematodos viables, de los cuales 6.809 millones correspondieron a la especie *Steinernema* sp. y 1.384 millones a la especie *Heterorhabditis* sp.

**Evaluación de mezclas de entomopatógenos para el control de broca del café en frutos del suelo.** Este estudio cofinanciado por Colciencias tuvo como objetivo evaluar el efecto de nematodos y hongos entomopatógenos aplicados en mezcla para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei* (Ferrari). Se utilizó como unidad experimental, bandejas con suelo y 40 frutos, las cuales se cubrieron con una jaula entomológica. Los tratamientos consistieron en mezclas de *Steinernema* sp. (S) (500.000 nematodos), con *Beauveria bassiana* (Bb.) y *Metarhizium anisopliae* (Ma.) (1x10<sup>9</sup> esporas), aplicaciones de cada entomopatógeno individualmente y un testigo (agua), para un total de seis tratamientos con 10 repeticiones cada uno. Se evaluó la mortalidad de la broca y el número de nematodos por fruto

a los 15 y 30 días, la tasa diaria de emergencia y la tasa diaria de mortalidad de brocas emergidas durante los 30 días. Para la variable mortalidad de broca, se encontró que la mezcla de *Bb.* + *S* presentó el mayor porcentaje de mortalidad corregido (formula Schneider - Orelly) a los 15 días ( $31,64 \pm 44,01$ ) (Prom  $\pm$  CV), siendo estadísticamente diferente al testigo y a la aplicación de hongos individualmente. A los 30 días *Ma.* + *S.* ( $26,29 \pm 28,05$ ) fue también estadísticamente diferente al testigo y a la aplicación de nematodos y hongos individualmente. En cuanto al número de nematodos por fruto se encontraron entre  $65,54 \pm 39,17$  (*Bb.* + *S*) y  $103,60 \pm 55,94$  (*S*) en promedio, y no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos en los que se aplicaron nematodos. La tasa diaria de emergencia registró promedios entre  $0,33 \pm 56,27$  (*Ma.* + *S*) y  $0,61 \pm 53,10$  (testigo), sin encontrarse diferencias estadísticas. La tasa diaria de mortalidad de brocas emergidas presentó promedios entre  $0,05 \pm 103,89$  (testigo) y  $0,22 \pm 79,90$  (*B. b.* + *S.* sp.), mostrando diferencias estadísticas. Las mezclas de hongos y nematodos entomopatógenos pueden considerarse promisorias para ejercer un control del insecto al interior de frutos de café ubicados en el suelo.

**Nematodos entomopatógenos como vectores de esporas de *Metarhizium anisopliae*.** Este estudio fue cofinanciado por Colciencias y tuvo como objetivo evaluar si los nematodos entomopatógenos podían transportar esporas de hongos entomopatógenos en su cuerpo. Como unidad experimental (UE) se utilizaron cajas Petri con papel filtro, dentro de las cuales se colocaron en un extremo dos pupas de *Galleria mellonella* y a una distancia de 5cm los tratamientos. Éstos consistieron en entomopatógenos solos (*Metarhizium anisopliae* (*Ma*), *Steinernema* sp. (*S*) y *Heterorhabditis* sp. (*H*)), mezclas de hongo y nematodo (*Ma* + *S* y *Ma* + *H*), mezclas más un aceite agrícola (Carrier) (*Ma* + *S* + Carrier y *Ma* + *H* + Carrier) y un testigo (agua), en dosis de  $2,5 \times 10^6$  esporas, 1.000 nematodos y Carrier al 1% ( $300\mu\text{L}$  / UE), para un total de ocho tratamientos con cinco repeticiones. Después

de 72 horas se retiraron las pupas y se registraron las variables evaluadas (número de esporas y número de nematodos). Las esporas encontradas presentaron promedios entre  $3.600 \pm 3.600$  (promedio  $\pm$  EE) (*Ma*) y  $158.400 \pm 69.961$  (*H* + *Ma* + Carrier), mientras que en *S*, *H*, *S* + *Ma* y testigo, no se encontraron esporas, se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, donde las mezclas más Carrier fueron las que mayor promedio registraron. El número de nematodos presentó promedios entre  $18 \pm 18$  (*S* + *Ma* + Carrier) y  $54 \pm 29,84$  (*S*, *H* + *Ma.* y *H* + *Ma.* + Carrier), sin encontrarse diferencias estadísticas. Las dos especies de nematodos son capaces de transportar esporas de *M. anisopliae* a una distancia de 5cm bajo las condiciones mencionadas y la adición del aceite aumentó el número de esporas transportadas sin afectar el desplazamiento de los nematodos.

**Frecuencia y dosis de aplicación de entomonematodos en cafetales.** La broca del café, continúa su reproducción en los frutos de café que caen al suelo, por esto se considera que los nematodos entomopatógenos pueden formar parte del control de esta población. Para lograr esto se estudió en una primera actividad el efecto de la aplicación de dos nematodos entomopatógenos nativos *Heterorhabditis* sp. y *Steinernema* sp. en dosis de 240.000 JI (juveniles infectivos) por árbol sobre la broca que se encuentra en frutos en el plato del árbol. En una segunda actividad se seleccionó el entomonematodo *Steinernema* sp., teniendo en cuenta las mayores mortalidades que causa sobre la broca en cafetales y la facilidad para su reproducción en laboratorio. Con esta especie se evaluaron las dosis (60.000, 120.000 y 240.000JI/plato) y momentos oportunos de aplicación. Para la variable mortalidad de estados de broca en frutos en el suelo se encontraron diferencias estadísticas con respecto al testigo a partir de 180 días, prolongándose hasta los 240 días después de la primera aplicación. Los mayores porcentajes de mortalidad (44,1; 47,7 y 49,5%) se lograron con las dosis más altas y mayores frecuencias de aplicación. En cuanto al número de JI por fruto en el suelo las mayores cantidades de

estos s  
las ma  
(98,16J  
el nem  
parasit  
porcen  
encon  
tratam  
los 30  
240 día  
porcen  
testigo  
estadís  
los di  
termina  
reforzar  
sp. en  
aplicaci  
parasit  
éstos, c  
de broc

**Evaluación del patógeno del café**  
del ca  
aspecto  
poblaci  
en los  
conside  
formar  
Para lo  
aplicac  
*Heteror*

**Conservación de los Andes**  
este pe  
fue pla  
estudio  
de cons  
paisaje  
Instituto  
del Ban  
En est  
caracte  
regione

estos se encontraron en los tratamientos con las mayores dosis y frecuencias de aplicación (98,16Jl/fruto), lo que demuestra también que el nematodo al penetrar el fruto de café, parasita la broca y se multiplica. En cuanto al porcentaje de infestación en el árbol se encontraron diferencias estadísticas de los tratamientos con respecto al testigo a partir de los 30 días después de la aplicación. Para los 240 días después de la primera aplicación los porcentajes de infestación fueron similares al testigo, y no se encontraron diferencias estadísticas, debido a que las aplicaciones en los diferentes tratamientos se habían terminado y esto da pautas para pensar en reforzar con nuevas aplicaciones. *Steinernema* sp. en diferentes dosis y momentos de aplicación fue capaz de penetrar en los frutos, parasitar estados de broca, reproducirse en éstos, dentro del fruto y reducir las poblaciones de broca en los cafetales.

**Evaluación de nematodos entomopatógenos para el control de la broca del café en frutos en el suelo.** Un aspecto importante de la broca del café es la población de este insecto que se encuentra en los frutos que caen al suelo; por esto, se considera que los entomonematodos pueden formar parte del control de esta población. Para lograr esto se estudió el efecto de la aplicación de dos entomonematodos nativos *Heterorhabditis* sp. y *Steinernema* sp. en dosis

de 240.000Jl (Juveniles Infecciosos) por árbol sobre la broca que se encuentra en frutos en el plato del árbol. Los resultados mostraron diferencias estadísticas de los tratamientos con respecto al testigo para la variable porcentaje de mortalidad de estados de broca en frutos en el suelo. Para las variables como el número de Jl por fruto en el suelo y porcentaje de infestación en el árbol, el análisis no presentó diferencias entre tratamientos. Las mortalidades oscilaron entre 6,3 y 12,8% a los 15 días, con las dos especies y se incrementaron a través del tiempo a valores entre 34,5 y 49,8% a los 60 días. Ambas especies fueron capaces de penetrar los frutos, parasitar principalmente estados inmaduros, reproducirse en estos dentro del fruto y reducir las poblaciones de broca en los cafetales. Luego se seleccionó *Steinernema* sp., teniendo en cuenta las mayores mortalidades en campo y la facilidad para su reproducción en el laboratorio. Con esta especie se evaluaron las dosis y momentos oportunos de aplicación. Para la variable mortalidad de estados de broca en frutos en el suelo se encontraron valores entre 2 y 71%, al cabo de 150 días. En cuanto al número de Jl por fruto en el suelo, las mayores cantidades de éstos se encontraron en los tratamientos con las mayores dosis y frecuencias de aplicación. Este trabajo se realizó, mediante un convenio de cofinanciación entre Colciencias y Cenicafé.

## V. BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN

**Conservación de la biodiversidad en los Andes colombianos.** BDC 0110. Durante este período se concluyó lo que inicialmente fue planeado como la primera fase de un estudio que formó parte de un gran proyecto de conservación de la biodiversidad en los paisajes rurales andinos, coordinado por el Instituto Alexander von Humboldt, con el apoyo del Banco Mundial y la Embajada de Holanda. En esta primera fase se realizaron las caracterizaciones de la biodiversidad en tres regiones cafeteras de 25km<sup>2</sup>, denominadas

ventanas: El Cairo, en el Valle, Támesis en Antioquia y San Gil, Pinchote, Páramo y Socorro en Santander. En cada una de estas tres ventanas se estudiaron las aves, las plantas y las hormigas terrestres en los principales elementos del paisaje de estas zonas. También se caracterizaron las comunidades cafeteras y los sistemas de producción agropecuaria en cada ventana.

Como parte de este proyecto se estudió la vegetación en 432 parcelas de 50m x 4m, se



estudió la comunidad de hormigas en 113 estaciones de muestreo, se realizaron censos de aves en 226 puntos de conteo y se adelantó la caracterización socioeconómica en 313 predios cafeteros en las tres ventanas. Los datos obtenidos en este extenso estudio de la biodiversidad regional, comienzan a suministrar información concreta y detallada sobre los potenciales y dificultades para la conservación en cada zona. Además, se convierte en una base para la formulación de acciones concretas de conservación o "herramientas de conservación" para cada zona.

**Efecto de la fragmentación de los bosques en la zona cafetera sobre la diversidad genética de las poblaciones de flora y fauna silvestre. BDC 0401.**

Durante el período 2003 – 2004, se concluyó la primera etapa de uno de los proyectos que formaron parte del programa de investigación sobre la aplicación de la biotecnología para el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad en zonas cafeteras, que realizó Cenicafé con el apoyo del Ministerio de Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. El objetivo principal del proyecto fue evaluar el efecto de la fragmentación de los bosques sobre la diversidad genética de flora y fauna. En la primera etapa realizada se estudió el estado de la biodiversidad en 15 fragmentos de bosque situados en la región cafetera centro occidental, que incluye 12 municipios de los departamentos de Quindío, Risaralda, Caldas y Antioquia.

Los resultados muestran que estos bosques aún conservan importantes elementos de la biodiversidad andina. En total se registraron 200 especies de aves y 35 especies de murciélagos. Entre los fragmentos se encontraron diferencias en las comunidades de esos grupos taxonómicos, con marcados grados de singularidad y alto porcentaje de especies únicas. Sin embargo, muchas especies parecen haber ya desaparecido, especialmente aquellas más susceptibles a la fragmentación como los predadores mayores. También se encontró que estos bosques son de tamaños muy pequeños y se encuentran aislados. La

matriz predominante fue el potrero, seguida de café al sol, lo cual acentúa el efecto de borde en el perímetro de los bosques.

**Estudio del conflicto generado por las garzas del barrio Palermo, Manizales. BDC 0704.**

Este estudio se realizó en respuesta a la solicitud hecha por la Alcaldía de Manizales y la Corporación Autónoma Regional de Caldas, Corpocaldas, como parte de un acuerdo entre esas entidades y varios miembros de la comunidad de Manizales para la búsqueda de una solución adecuada para el conflicto generado por un garcero urbano en el Parque Palermo de Manizales. Este estudio incluyó un examen de los aspectos biológicos de las garzas y la colonia, una encuesta a 351 miembros de la comunidad de la ciudad respecto a sus percepciones y opiniones respecto a la biodiversidad en general y al conflicto generado por el garcero, una evaluación de las posibles alternativas y un programa de difusión del estudio, que incluyó la producción de boletines educativos y conferencias públicas.

El caso del garcero urbano de Palermo en Manizales, es un conflicto que se ha presentado en muchas ciudades y poblaciones de Colombia y en otros países. Tampoco es un caso único de conflicto entre la biodiversidad y una comunidad humana. Este estudio nos permitió avanzar en el conocimiento de ese tipo de conflictos y en el análisis de las alternativas y soluciones.

**Conservación de las aves migratorias boreales en zonas cafeteras de los Andes colombianos. BCD 0201.** Durante este período se dio inicio a este proyecto realizado con el apoyo y colaboración de The Nature Conservancy y el Servicio Forestal de los Estados Unidos. Su objetivo principal es promover la conservación de las especies de aves migratorias en zonas cafeteras de Colombia. Por medio de censos de aves realizados con la participación de comunidades cafeteras en diferentes localidades, se busca despertar interés sobre la biodiversidad y obtener información sobre el entorno natural

para for  
especia

Duran  
adelan  
confor  
la defir  
trabajo  
este pr  
una d  
realiza  
de talle  
estudi  
program

Biodiv  
colom  
para  
(Antig  
período  
de las  
que s  
discip  
caract

En des  
sistem  
tratam  
residu  
evitar in  
y cont  
sosten  
especi  
investig  
siguier

Diseño  
de pura  
benefi  
postra  
de a  
QIN250  
residu  
digestio

para fortalecer programas de producción de cafés especiales u otros programas de conservación.

veredas cafeteras seleccionadas, usando aves y vegetación como indicadores.

Durante la primera etapa del estudio se adelantó en la selección de las localidades la conformación del equipo de investigadores y la definición de las metodologías usadas en el trabajo con las comunidades. Como parte de este proyecto se realizarán tres visitas a cada una de las localidades seleccionadas, la realización de censos participativos de aves y de talleres para incorporar los resultados del estudio en el manejo de las regiones o programas de cafés especiales.

**Biodiversidad y productores de café colombianos: construyendo capacidad para valor agregado. ECO 0618 (Antiguamente BDC 0703).** Durante este período también se concluyeron la mayor parte de las tareas relacionadas con este proyecto que se adelanta en cooperación con la disciplina de Economía. Se concluyó la caracterización de la biodiversidad en las

## Divulgación de Resultados

**Educación para la conservación. BDC 0802.** Para divulgar los resultados de los estudios sobre biodiversidad y promover el interés por su uso sostenible y conservación, durante este año se dio inicio al boletín divulgativo denominado BioCarta. Con fondos obtenidos de la Audubon Naturalist Society a través del Crowder-Messersmith Conservaton Fund se publicó el primer número introductorio sobre biodiversidad y sus beneficios. Otros cuatro números han sido ya publicados con esos mismos fondos o con fondos de otros proyectos, sobre diferentes temas relacionados con la biodiversidad en zonas cafeteras. También se publicó un afiche divulgativo sobre el paso de los gavilanes migratorios por la región andina colombiana.

## VI. TRATAMIENTO DE RESIDUOS LÍQUIDOS Y SÓLIDOS DE LOS PROCESOS DEL CAFÉ.

En desarrollo de las investigaciones sobre sistemas para el aprovechamiento, el tratamiento y la disposición adecuada de los residuos del proceso del café, con el fin de evitar impacto ambiental en las zonas cafeteras y contribuir a las áreas estratégicas de sostenibilidad ambiental y calidad y cafés especiales, se desarrollaron varias investigaciones. Se destacan resultados de las siguientes:

**Diseño y evaluación de un sistema de depuración de las aguas residuales del beneficio del café, con base en postratamientos con plantas acuáticas de aguas tratadas anaerobiamente. QIN2502.** Para el postratamiento de las aguas residuales del lavado del café tratadas por digestión anaerobia, se inició la evaluación de

18 lagunas con capacidad de 500 litros cada una, empleando cuatro materiales biológicos, que corresponden a tres plantas flotantes: jacinto de agua, lechuga de agua, salvinia y una planta emergente, enea, y dos controles, uno para las plantas flotantes y otro para las plantas emergentes.

La evaluación de los sistemas de postratamiento se ha realizado para un tiempo de retención hidráulico de cinco días y para tres concentraciones de DQO del afluyente proveniente de los reactores anaerobios de Cenicafé, así: sin diluir y diluido al 40% y al 10%, con fin de determinar el efecto de la concentración del efluente sobre los rendimientos de depuración de la biomasa estudiada. Hace dos meses se está alimentando continuamente el sistema de

postratamiento, sin alcanzar aún una estabilidad del sistema.

Los primeros análisis han mostrado unas remociones de carga orgánica en términos de DQO que han oscilado entre el 87,7% y el 100%, para todas las lagunas sometidas a diferentes concentraciones de carga orgánica, con o sin la presencia de plantas. Se han encontrado concentraciones de carga orgánica en los efluentes menores a 100ppm, valores en los cuales no se presentan impactos biológicos adversos sobre el ecosistema acuático cafetero. Aún falta la evaluación de la remoción de nutrientes como N, P y K, así como evaluación de la presencia de coliformes en las aguas postratadas, con el fin de determinar cual sería el mejor tratamiento para el postratamiento de las aguas.

Para las plantas acuáticas evaluadas, la tasa de crecimiento mostró valores entre 1.298 y 933 toneladas/ha-año para el jacinto de agua; entre 406 y 324 toneladas/ha-año para la lechuga de agua y entre 324 y 203 toneladas/ha-año para la Salvinia.

**Tratamiento anaerobio.** Durante todo el año se mantuvo en funcionamiento continuo el reactor de la planta piloto de Biodigestión anaerobia, en la cual se hizo el tratamiento de las aguas residuales generadas en el beneficiadero experimental de Cenicafé. Las remociones de carga orgánica oscilaron entre el 73,4% y el 96,4% en términos de DQO.

Se están realizando observaciones utilizando los granos de café deteriorados como filtro de los reactores anaerobios. Se han encontrado cargas orgánicas aplicadas que han oscilado entre 1,61 y 6,57kg DQO/m<sup>3</sup>-día, con porcentajes de remoción de DQO entre 80,92% y 87,65%, valores que cumplen con los límites exigidos en la legislación ambiental colombiana. Esta es a su vez una forma de generar alternativas para la apropiada disposición de los granos de café deteriorados.

**Manejo de residuos sólidos.** Se ha mantenido, periódicamente, el cepario de hongos comestibles y medicinales de la

Disciplina de Química Industrial, por el método de transferencia seriada, el cual consta de 25 cepas, y se han realizado aislamientos a partir de carpóforos, con el fin de mantener la productividad del material biológico.

**Evaluación de soportes para producción de lodo anaerobio. QIN0151.** Para efectos de estudiar el tratamiento secundario de los Lixiviados producidos en la tecnología Becolsub, actualmente en el Laboratorio de Biodigestión de Cenicafé se evalúa el aserrín de llanta de automóviles en reactores metanogénicos tipo Up Flow Anaerobic Sludge Blanket, UASB. Como reactor anaerobio se instaló una columna en acrílico con las siguientes características: Diámetro de 19,56cm, volumen total de 30L, volumen húmedo de 24L, provisto de una descarga a 80cm, altura de 100cm, área transversal de 300cm<sup>2</sup> y una relación H/D de 5,11. Para conformar el manto de lodos se utilizó ripio de llanta, generado en la empresa Plastigoma de la ciudad de Manizales. Posteriormente en el reactor se adicionaron 5,1kg de ripio, los cuales ocuparon un volumen inicial de 11 litros. Dicha matriz es una mezcla de polímeros derivados del petróleo y caucho no biodegradable, que presenta las siguientes características físicas: densidad real: 1,17g/mL, densidad aparente: 0,46g/mL, velocidad de sedimentación: 1,24cm/s y porosidad: 0,60; para la determinación de sus propiedades se asumió una forma de partícula esférica, con lo cual se estimó para cada partícula un diámetro promedio de 1,47mm, un promedio en peso de 1,03mg y un área de contacto de 1,70mm<sup>2</sup> que corresponde a un área específica de contacto de 783.00m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, que es equivalente a 1,70m<sup>2</sup>/kg. Como inóculo se utilizaron 19 litros de estiércol de ganado vacuno a una concentración de sólidos totales de 8.882 - 10.047mg/L y de sólidos suspendidos de 930-950mg/L.

También se utilizó lixiviado acidificado con las siguientes características: pH de 4,25 a 7,02 (300 - 3.500ppm), DQO de 300 - 3.500ppm, acidez de 100 - 110mg NaOH/gDQO y temperatura de 20-24 °C. Se estableció una

alimentación con una Masterflex 7518-10, operando a un TRH: 1d (caudal:16,7mL/min), lo que ha permitido hasta ahora aplicar una carga orgánica de 3,75kg DQO/m<sup>3</sup>.d, 4,5 veces más que las cargas alcanzadas en el Laboratorio de Biodigestión de Cenicafé con este tipo de sistemas.

Las características del efluente pueden resumirse así: pH del efluente de 6,3-6,85 (5,25 en etapa de acidificación a 5.000ppm), alcalinidad entre 150-250mg CaCO<sub>3</sub>/L y relación de alcalinidad entre 0,30 - 0,45. El biogas producido es positivo a la combustión de la llama, lo cual implica equilibrio entre las fases de la digestión anaerobia. El CH<sub>4</sub> contenido oscila alrededor de 80% (3.500ppm) con biotransformaciones de 0,299m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub>/kg. Los porcentajes de remoción de DQO alcanzados son: 79% (1.372ppm), 73% (1.904ppm) y 76% (3.750ppm).

**Proyecto de Café Orgánico - Programa Sembradores de Paz. AECI, FAES, FNC.** Este proyecto contribuye a las áreas de Sostenibilidad ambiental, Calidad y Cafés especiales y Divulgación y transferencia. Durante este año se participó en este programa, el cual es patrocinado y organizado por la Agencia Española de Cooperación Internacional, la Fundación para el Análisis y los Estudios Sociales, la Gerencia Técnica de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia y el Comité Departamental de Cafeteros del Magdalena.

Se analizó la información procedente de 574 productores de café orgánico de la Sierra Nevada de Santa Marta, los cuales se agruparon teniendo en cuenta la producción y distribución de la cosecha de café para esta zona. Se realizaron 6 diseños de Sistemas Modulares para el Tratamiento de Aguas residuales del lavado del café (SMTA), y entre el 27 y 29 de septiembre de 2004, se dictó un curso en el Comité Departamental de Cafeteros del Magdalena de la ciudad de Santa Marta, y se realizaron tres visitas a fincas cafeteras enfocadas al manejo de residuos y tratamiento de aguas residuales de los beneficiaderos.

**Tasas Retributivas.** Se está participando como miembro de la Comisión Negociadora en la concertación del cobro de Tasas Retributivas con Corpocaldas, para el sector Cafetero.

**Convenio de cooperación Interinstitucional ILC- Cenicafé. Prórroga Contrato de Transferencia Tecnológica 008-2003. Operación de una planta de tratamiento de vinaza obtenida a partir de miel virgen - Industria Licorera de Caldas. PTAR - ILC.** Desde el 20 de mayo de 2004, la ILC firmó la prórroga del segundo contrato de transferencia tecnológica con Cenicafé, y se continuó con el arranque completo de los reactores de la PTAR ILC. A la fecha de este informe los 10 reactores que conforman la PTAR se encuentran inoculados, maduros y arrancados. Durante el último año las remociones de la DQO y de la DBO<sub>5</sub> han sido superiores al 70% en todo el sistema PTAR - ILC. La alcalinidad de los efluentes superaron los 500mg de CaCO<sub>3</sub>/l, la relación de alcalinidad fue inferior a 0,5 y el pH de biodigestión fue superior a 6,5 unidades. Actualmente el sistema PTAR ILC opera sin adición de NaOH a una carga de 0,5kg de DQO/m<sup>3</sup>.d. y se hace el balance de nitrógeno con la adición de urea a razón de 900g/m<sup>3</sup> de vinaza.

De lo transcurrido en el último año con respecto a la ejecución del convenio de transferencia tecnológica con Cenicafé, puede mencionarse lo siguiente: a) Del sistema PTAR - ILC, la Industria Licorera de Caldas ya terminó la primera etapa, ha realizado gran parte de la segunda etapa, y de la tercera etapa aún faltan detalles relacionados con el sistema de recirculación, debido a que se tienen retrasos por la falta de agilidad en los trámites administrativos; b) El sistema anaerobio PTAR - ILC ha respondido bien al cambio de variables a los cuales ha sido sometido y la producción actual de biogas combustible refleja equilibrio en las etapas de la biodigestión anaerobia de la vinaza obtenida a partir de miel virgen; c) Se han encontrado remociones de Demandas de Oxígeno superiores al 90% cuando al sistema se le permite alcanzar condiciones estables a cargas cercanas 0,5kg de DQO/m<sup>3</sup>.d.

# Conocimiento Estratégico

---

## I. GENÓMICA DEL CAFÉ, LA BROCA Y EL HONGO *Beauveria bassiana*

Con la cofinanciación del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, Cenicafé combina tecnología de punta desarrollada en las Universidades de Cornell y Maryland y el IRD de Francia, para el estudio del genoma del cafeto, la broca y el hongo controlador *Beauveria bassiana*, con el propósito de desarrollar nuevas variedades resistentes a plagas y enfermedades, y buenos atributos de calidad en taza, así como el desarrollo de mejores estrategias para el control de enfermedades y plagas que permitan la disminución de los costos de producción y la sostenibilidad de la caficultura colombiana.

La iniciativa sigue cinco grandes líneas de trabajo:

- Desarrollo de tecnologías de punta en genómica que serán las herramientas que permitirán conocer en detalle la estructura del genoma del café. Este conocimiento nos permitirá localizar los genes de importancia económica en la producción de café y su posterior manipulación en los programas de selección de nuevas variedades.
- Estudios del genoma de la broca del cafeto, con el fin de desarrollar nuevas estrategias de control de la principal plaga del café.
- Estudios del controlador biológico *Beauveria bassiana*, identificando genes importantes en el genoma de este hongo para mejorar su acción parasítica sobre la broca del café.
- Capacitación del personal de Cenicafé en las Universidades de Cornell y Maryland en tecnologías de punta que podrán ser implementadas en Colombia.
- Desarrollo de herramientas de Bioinformática, que permitirán construir sistemas de información y bases de datos avanzados para los estudios de genómica.



El proyecto tiene como objetivo fundamental, generar los conocimientos y las tecnologías que le permitan a la caficultura colombiana, la obtención de variedades de café con resistencia genética a la broca. La broca del café es la principal plaga que afecta al café en el mundo. En Colombia afecta al 100% del área cultivada. Su impacto sobre la calidad del café, sobre los costos de producción y sobre el medio ambiente son incalculables. No se conocen variedades de café resistentes a la plaga. Para lograr la producción de dichas variedades, que sería el sistema más económico y ecológico de control, es necesario realizar los estudios propuestos en el proyecto:

1. Estudios del genoma de *Beauveria* permitirán a corto plazo que se incremente su patogenicidad y permanencia en condiciones de campo, utilizando genes derivados de los estudios genómicos de este y otros controladores biológicos. Estos materiales presentarían menos efectos en el medio ambiente y más aceptación en los mercados que aquellos transformados con genes de otros organismos.
2. Estudios del genoma de la broca permitirán a mediano plazo identificar características que permitan su control mediante alternativas distintas al empleo de insecticidas químicos. Esta plaga es muy especializada ya que sólo se reproduce y se alimenta del café. El uso de insecticidas no es alternativa de control a largo plazo debido a que ya se han encontrado poblaciones de broca con resistencia a insecticidas.

3. Estudios del genoma del café permitirán a largo plazo la identificación de genes de resistencia dentro del mismo germoplasma del café, que serían usados para el mejoramiento de variedades pertenecientes a la especie *Coffea arabica*, que es la de mejor calidad de café, reconocida por el mercado.

Los estudios propuestos permitirán a Colombia no sólo optimizar el desarrollo de variedades de café resistentes a enfermedades y plagas sino también obtener variedades que combinen alta productividad y mejor calidad. Los resultados esperados, contribuirán significativamente a la competitividad del café colombiano a nivel internacional, a la preservación de su calidad, al incremento de la productividad y a la reducción de los costos de producción, todo esto dentro de un ambiente respetuoso de la biodiversidad y del medio ambiente. La utilización de tecnología avanzada permitirá mantener competitiva la caficultura colombiana durante el siglo XXI, fundamentada en criterios de calidad, sostenibilidad y preservación del medio ambiente para generaciones futuras y una mejor calidad de vida para las familias cafeteras y la oferta de un mejor producto a los consumidores.

El alto nivel tecnológico alcanzado por Colombia a través de este proyecto permitirá extender los alcances logrados a otros cultivos tropicales importantes para el país con lo cual se revolucionarán nuestras prácticas agrícolas asegurándonos mantener el liderazgo que ha destacado a Colombia en este sector en décadas pasadas.

## II. BIOINFORMÁTICA

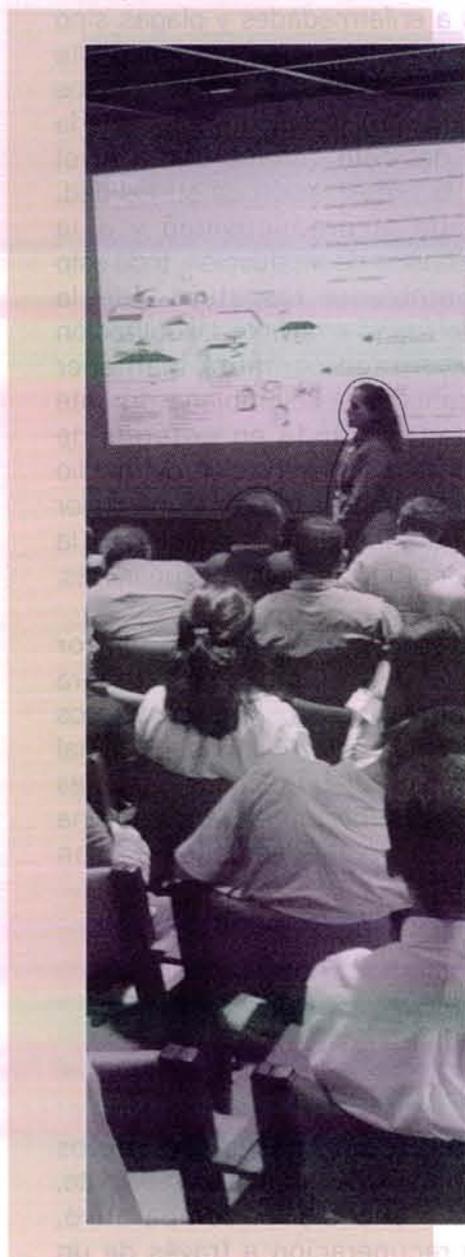
Con el gran flujo de información que se está generando en los proyectos propuestos de genómica del café, la broca y *Beauveria*, ha sido necesario crear Sistemas de bases de datos que permitan el análisis comparativo de las secuencias con las de otros organismos. Las secuencias del genoma y de proteínas están

siendo analizadas en bases de datos estructuradas para facilitar su almacenamiento, manipulación, análisis comparativo, actualización y recuperación a través de un ambiente Web. Por el momento se han desarrollado bases de datos de secuencias de ESTs, Microsatélites y STS de café.

# Divulgación y Transferencia

---

## I. INVESTIGACIÓN PARTICIPATIVA



Uso de entomonematodos para el control de la broca del café en fincas de caficultores experimentadores. A través de un convenio de cofinanciación entre Colciencias y Cenicafé, se adelanta un proyecto de investigación participativa con caficultores de Caldas, Quindío y Risaralda, para mejorar la adopción del manejo integrado de la broca (MIB) y desarrollar nuevas alternativas de control. Los frutos caídos al suelo favorecen el incremento de la plaga y como alternativa de control se están considerando los entomonematodos (EN) *Heterorhabditis* sp. y *Steinernema* sp. Para evaluar el efecto de los EN sobre las poblaciones de broca se seleccionaron lotes en fincas de cafeteros. Los lotes se dividieron en dos parcelas: 1. Testigo y 2. Aplicación de EN. El manejo de la broca se basó en recolecciones frecuentes de frutos maduros (tres fincas pequeñas), más aplicaciones de insecticidas (dos fincas grandes). Los EN se aplicaron en dosis de 30.000 a 60.000 Juveniles Infectivos (JI) por árbol, dirigidos a las ramas bajas y el plato del árbol. En las fincas pequeñas las infestaciones por broca y el número de estados biológicos de la plaga fueron bajas en comparación con las fincas grandes. Las infestaciones fueron similares entre tratamientos, presentándose en promedio 0,9; 1,2; 3,6; 4,1 y 11,3% para los lotes con EN y 1,4; 2,0; 3,8; 3,6 y 13,6% para los lotes testigos. El número de estados biológicos en frutos del suelo presentó diferencias significativas, encontrándose en promedio 2,3; 2,6; 2,8; 3,8 y 4,1 estados de broca/fruto en los lotes con EN y 3,7; 4,4; 4,3; 5,5 y 4,6 en los testigos. Se observó reducción en el número de estados de broca por efecto de los EN. Se evidenció la presencia de los EN después de las aplicaciones encontrándose en promedio 8,4; 8,5; 12; 16,5 y 21,8% de parasitismo.

Evaluación de métodos para estimar poblaciones de broca en fincas de caficultores experimentadores. Mediante el convenio Colciencias - Cenicafé, se adelanta el proyecto de investigación participativa con caficultores en el Eje Cafetero, con el propósito de mejorar la adopción del Manejo Integrado de la Broca (MIB) y desarrollar nuevas

alternativas de control. La estimación de las poblaciones de broca a través de muestreos es indispensable para establecer un MIB y aplicar las medidas de control necesarias. Con el propósito de comparar dos planes de muestreo se desarrolló el estudio en 11 fincas: cuatro en Quimbaya (Quindío), tres en Viterbo (Caldas), tres en Balboa (Risaralda) y una en Risaralda (Caldas). Se seleccionaron lotes comerciales de café de diferentes edades y se estimaron las infestaciones por broca, durante diez a dieciseis meses entre el 2003 y el 2004, aplicando los dos planes de muestreo en los mismos lotes: 1- Método de las 30 ramas (recomendado por FNC. 2- Método de la medida: Promedio de la distancia en centímetros correspondientes a 50 frutos verdes evaluado en 100 ramas. En 155 evaluaciones realizadas para estimar las infestaciones de broca se observó que ambos planes de muestreo fueron similares, encontrándose en promedio infestaciones del  $3,24\% \pm 0,28$  E.S. y  $3,06\% \pm 0,25$ , para los planes de muestreo 1 y 2, respectivamente.

En relación con los diferentes niveles de infestación de broca encontrados en cada finca durante varios meses, se observó un comportamiento similar entre los dos métodos de muestreo propuestos, tanto en fincas con infestaciones bajas como altas. Los caficultores han manifestado interés en continuar con la evaluación del plan de muestreo: Método de la medida, ya que han observado valores muy similares frente al método de las 30 ramas y han logrado tomar decisiones de manejo en forma acertada. Afirman que con este plan de muestreo pueden ahorrar más tiempo que utilizan en otras labores en la finca.

**Diagnóstico sobre el manejo integrado de la broca del café, en caficultores de Caldas.** El Comité de Cafeteros de Caldas y Cenicafé, en un estudio cofinanciado por Colciencias, diseñaron y aplicaron una encuesta a 513 caficultores del departamento con el propósito de conocer la situación actual del MIB aplicado por ellos en sus fincas. La encuesta fue de tipo personal semi-estructurada, para diagnosticar el manejo de

los diferentes componentes del MIB. En total constó de 65 preguntas (20% aspectos generales, 65% componentes del MIB, 5% indicadores y 10% preguntas de opinión). La encuesta se aplicó en 218 veredas pertenecientes a 23 municipios. Los resultados indican que el 67% de los caficultores asistieron a la primaria. El 63% de los predios son inferiores a 5ha. El 16,2% de los caficultores afirman tener problemas con la broca. El 73,6% de los propietarios toman decisiones basadas en el MIB. El 94,3% realiza recolecciones frecuentes de frutos maduros. El 49,7% realiza evaluaciones de eficacia en la recolección. Los indicadores determinaron que las recolecciones fueron bien hechas por el 45,2% de los caficultores, regulares por el 21,2% y deficientes por el 10,9%. El 61,9% realiza muestreos de infestación de broca, pero sólo el 17,9% aplica el método recomendado por FNC. El 75,6% considera que el control químico de la broca no es suficiente. El 62,3% aplica insecticidas y el 24,1% lo aplica en focos. El 32% de los caficultores utiliza productos de categoría toxicológica III. 37,2% conoce los controles biológicos, sin embargo, solamente el 16,6% aplica hongo. En postcosecha el 60% realiza alguna medida de control pero no todas en su conjunto. En general, el 49% de los caficultores basan el MIB en recolecciones oportunas y aplicaciones de insecticidas.

**Investigación participativa con caficultores empresariales.** A través del convenio Colciencias - Cenicafé, se realizó el trabajo en campo sobre estudios de caso del manejo integrado de la finca con respecto a la broca del café, en fincas de caficultores tipo Empresarial, donde se estableció un programa de manejo integrado de la broca (MIB) con las recomendaciones propuestas por Cenicafé. Se seleccionaron tres fincas cafeteras ubicadas en el municipio de Risaralda (Caldas), con condiciones altamente favorables para la dispersión y reproducción del insecto. El estudio inicio en junio de 2003, con una duración de 16 meses. Las fincas seleccionadas ofrecían, al inicio del estudio, altos niveles de infestación por broca. Las variables de respuesta para evaluar las recomendaciones



fueron: infestación por broca en campo, infestación en café pergamino seco (cps), calidad de las recolecciones de café cereza y los costos del manejo de la broca. Durante la cosecha principal de 2003, la infestación del café pergamino seco al momento de la venta fue alto en dos de las fincas (B y C) >10% y más bajo en una de ellas (A) < 5%. La calidad de las recolecciones medida como frutos no cosechados y caídos, indica que esta es susceptible de mejorarse, revisando la labor de recolección y generando ideas para perfeccionar las prácticas administrativas y así,

aumentar la eficiencia de la recolección. El costo del manejo de la broca correspondió al 5,4% en el 2003, con respecto al precio de venta de una arroba de cps y al 10% con respecto a los costos totales. El Manejo Integrado de la Broca del café comprende la combinación de métodos diferentes de control, cuyo resultado es la disminución de la población de la plaga y por tanto los daños económicos causados por ésta. El éxito del MIB depende del manejo administrativo que se le dé a la planeación y del conocimiento que se tenga del insecto en el campo

## II. ESTUDIOS DE ADOPCIÓN

**Estudio de adopción de la variedad Colombia. ECO 0303.** Este estudio se llevó a cabo en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío, Valle del Cauca, Tolima, Huila y Cauca, cubriendo en total 28 municipios cafeteros elite. La muestra estudiada correspondió a 413 caficultores, quienes fueron seleccionados en forma aleatoria; la muestra se asignó proporcionalmente a cada localidad de acuerdo con el área en variedad Colombia sembrada en cada uno de ellos.

estudio. Por razones del avance de este estudio, el resumen sólo considera algunos de los aspectos relacionados con la parte de la adopción de la variedad.

**Nivel de adopción de la variedad Colombia.** La muestra seleccionada para el estudio abarcó 1.761ha en café y de las cuales 942ha estaban sembradas con variedad Colombia, lo que implica un nivel de adopción a escala regional del 53,4%. Este nivel debe considerarse alto, pues implica que más del 50% del área sembrada en café, estaba cultivada con esta variedad.

La estructura del estudio, lo divide en siete, grandes temas como son la adopción de la variedad Colombia, el manejo agronómico de la misma, la evaluación de su desempeño, el abandono de la misma, su no adopción por parte de algunos caficultores y finalmente dos tópicos relacionados con las consideraciones finales del estudio, así como algunas propuestas de política que se derivan del

**Grado de adopción de la variedad Colombia.** El grado de adopción refleja las variaciones en intensidad en el uso de esta tecnología a nivel de agricultor. La variable utilizada como índice de adopción, es el porcentaje del área en café sembrada con variedad Colombia. Los resultados obtenidos se observan en la Tabla 64.

Tabla 64.  
Adoptantes de la variedad Colombia

Categoría	Criterio	% caficultores
Adoptantes completos	=> 50% del área en V Colombia.	42,8
Adoptantes parciales	< 50 % del área en V. Colombia	21,6
No Adoptantes	0% del área en V. Colombia	35,6

Los resultados señalan que el 64,4% de los caficultores habían adoptado la variedad Colombia (entre adoptantes completos y parciales); estas cifras indican que la variedad Colombia está presente en la mayoría de las fincas, lo cual es reflejo de que esta tecnología ha alcanzado un grado importante de

dispersión entre los caficultores colombianos. Es evidente también que la mayoría de los caficultores son adoptantes completos y que al analizar el subgrupo de adoptantes (completos + parciales), la mayoría lo componen los adoptantes completos, como se observa en la Figura 69.

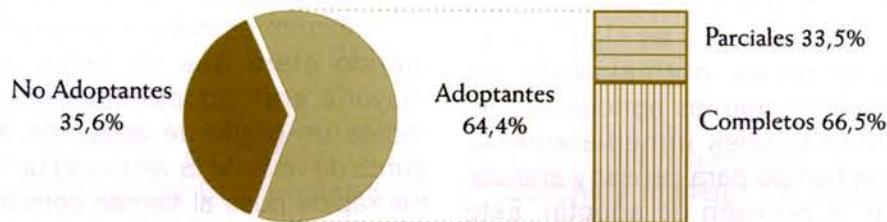


Figura 69. Adopción de la variedad Colombia, a nivel de finca.

**Velocidad en el grado de adopción.** La velocidad en el grado de adopción de la variedad Colombia, es el tiempo transcurrido entre el momento en que el caficultor tuvo conocimiento de la existencia de la tecnología y el momento en el cual comenzó a usarla. La Tabla 65 siguiente describe algunas estadísticas descriptivas para esta variable.

sentido, la función más comúnmente usada para representar la curva de adopción a través del tiempo es la función logística, en la cual el eje "y" representa la proporción acumulada de agricultores o de superficie que adopta la tecnología y el eje "x" representa el tiempo transcurrido entre conocer la tecnología y comenzar a utilizarla. La expresión obtenida fue la siguiente:

$$Y = \frac{98,8441}{(1 - 1,5875 e^{-0,3891t})}$$

De acuerdo con los resultados, se observa una rápida adopción para esta tecnología, pues considerando que el café es un cultivo perenne en el cual el cambio de variedades es una decisión mayor, la media muestra un tiempo relativamente corto entre el conocimiento de la variedad y el inicio de su siembra. En este

El modelo anterior es significativo (P valor < 0,0001), el cual al ser representado gráficamente permite obtener la siguiente Figura, que predice la adopción (% acumulado de agricultores), en función del tiempo.

Tabla 65.  
Velocidad en la Adopción de la variedad Colombia.

Medida	Valor
Media	3,54 años
Moda	0 años
Mediana	2,0 años

La Figura 70, es atípica al compararla con una curva de adopción normal en la cual se reconocen tres etapas claras en el proceso de adquirir la tecnología: período de ensayo, arranque y equilibrio. La diferencia más importante se hace evidente al no observar la fase que corresponde al período de ensayo, sino que en este caso la curva comienza directamente en el período de arranque, lo cual muestra que la velocidad en la adopción sea mayor. Este comportamiento es significativo pues la adopción no es, normalmente, un hecho repentino, sino que los agricultores no aceptan las innovaciones inmediatamente pues ellos toman tiempo para pensar y analizar antes de tomar la decisión de adoptar. Este comportamiento se comprueba al emplear el modelo logístico para modelar la adopción encontrándose que para el tiempo cero (0), se

pronostica una adopción del 38,2%, la cual se incrementa a un ritmo alto permitiendo alcanzar un 80% de caficultores adoptando a los 5 años.

La conclusión hasta este punto es que la variedad Colombia presentó un nivel de adopción mayor del 50%, el cual puede considerarse como importante; igualmente el grado de adopción fue positivo, pues 64,4% de los caficultores habían adoptado la variedad, siendo claro que de estos adoptantes la mayoría eran adoptantes completos, lo que indica un grado de adopción alto. Desde el punto de vista de la velocidad de adopción, ésta fue rápida pues al tiempo cero (año en el cual se tuvo conocimiento de la tecnología), se presentó un 38% de adoptantes de la variedad Colombia.

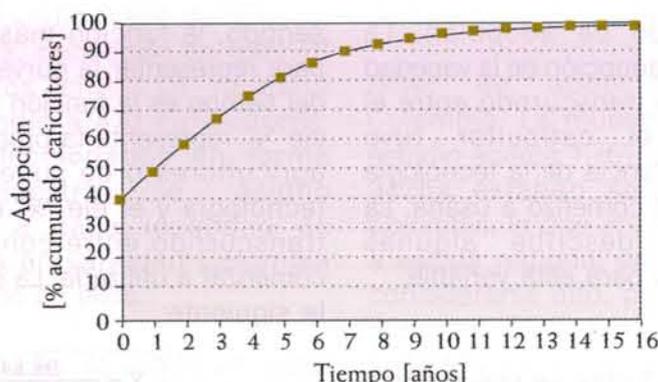


Figura 70. Función logística que describe la adopción de la variedad Colombia.

### III. DOCUMENTACIÓN

En el Centro de Documentación, entre octubre de 2003 y septiembre de 2004, se llevaron cabo las siguientes actividades:

Se registraron en la base de datos CENIC 830 referencias de documentos sobre el tema Café o asuntos relacionados. Así, esta base de datos

que incluye estos registros con sus respectivos resúmenes, llegó a la 30.265 referencias. En la base de datos AGROS se adicionaron 1.171 referencias, totalizando 56.773 registros. Se adquirieron y procesaron 1.187 documentos, de los cuales 242 correspondieron a libros y 945 a artículos de revistas y folletos, los cuales fueron

debidamente catalogados y clasificados. Las referencias bibliográficas de éstos, fueron publicadas quincenalmente en el boletín electrónico «Ultimas Adquisiciones». Se recibieron y registraron 859 revistas, que incluyeron cerca de 25.770 artículos. A través del convenio de canje con 187 instituciones se recibieron 217 revistas y 153 folletos.

En este período se adquirieron 31 libros especializados. Por motivos presupuestales no se renovaron las suscripciones a los diferentes títulos de revistas.

De igual forma, se atendieron 3.186 usuarios, que consultaron 9.263 documentos y realizaron 5.373 préstamos.

#### IV. SISTEMAS

La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia con el apoyo de Colciencias y el Ministerio de Comunicaciones, a través del Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFÉ, presentó para el gremio cafetero, el Servicio de Extensión de la Federación y el público en general el Portal Web sobre el cultivo del café, <http://www.cenicafe.org> (Figura 71).

Este portal web es un completo sistema de información y transferencia bajo entorno web, que permite difundir todos los servicios e información alrededor del cultivo del grano en Colombia, su desarrollo y las prácticas más adecuadas para su cultivo y beneficio. En él se encuentra información especializada sobre: la reducción de los costos de producción, las prácticas que permiten incrementar los rendimientos en la finca, la conservación de

los suelos, las recomendaciones para mejorar la cosecha y manejar los problemas como la broca y la roya del cafeto, y el beneficio ecológico, entre otras. También están disponibles bases de datos sobre enfermedades y disturbios del café, plagas, variedades de café, biodiversidad en la zona cafetera y un completo catálogo de publicaciones y registros bibliográficos.

Se pretende mediante este Portal no solamente ofrecer una herramienta más de consulta y transferencia de la tecnología cafetera disponible, fruto de la investigación científica llevada a cabo en Cenicafe, sino también, establecer un medio de comunicación directo para conocer las inquietudes de los caficultores, extensionistas e investigadores.



Figura 71. Portal Web sobre el cultivo del café, <http://www.cenicafe.org>

## V. DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA

### DIV 0101 – REVISTA CENICAFÉ

Volumen 54 Número 3, trimestre julio - septiembre 2003.

Volumen 54 Número 4, trimestre octubre - diciembre 2003.

Volumen 55 Número 1, trimestre enero - marzo 2004

Volumen 55 Número 2, trimestre abril - junio 2004

### DIV 0102 – AVANCES TÉCNICOS

No.316 Especificaciones de origen y buena calidad del café de Colombia.

No.317 Prevenga la Ochratoxina A y mantenga la inocuidad y la calidad del café.

No.318 Comportamiento de los híbridos de maíz Dekalb-888 y Dekalb-777 en la zona cafetera central.

No.319 El aplicador de contacto: herramienta eficaz para el manejo de la Llagu Macana del cafeto.

No.320 Anormalidades en la floración del cafeto.

No.321 El disturbio de la raíz bifurcada en plántulas de café

No.322 Polinización y obtención de semillas de maracuyá de buena calidad.

No.323 La calidad física y el rendimiento del café en los procesos de beneficio tradicional y beneficio ecológico (Becolsub).

No.324 Atributos de calidad de la semilla de café de las variedades Colombia y Tabi.

No.325 Plátano Dominic Hartón intercalado con café: más ingresos para los caficultores.

No.326 La densidad aparente en suelos de la zona cafetera y su efecto sobre el crecimiento temprano del cafeto.

No.327 Manejo de los focos de llagas radicales en cafetales.

### DIV 0103 - BOLETINES TÉCNICOS

Boletín Técnico No. 26: El tambor, especie forestal nativa: Cultivo y aspectos fitosanitarios en Colombia.. 1- 40. 2004.

### DIV 0104- ANUARIO METEOROLÓGICO

Anuario Meteorológico Cafetero 2002.

### DIV 0105 - MANUALES Y LIBROS

Guías silviculturales: El Frijolito o Tambor (*Schizolobium parahyba*). para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana.

Guías silviculturales: El nogal cafetero *Cordia alliodora* (Ruiz y Pavón) Oken. para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana.

Libro: Caracterización de los productos hortifrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. 2004. 213 p.

Libro: Café y salud. Nuevos hallazgos científicos. Resúmenes del Seminario Internacional sobre café y salud.

Libro: Coffee and health; new research findings.

Libro: Cocoa futures: A source book of some important issues facing the cocoa industry.

Libro: Cómo reducir los costos de producción en la finca cafetera.

Memorias del IV Encuentro de caficultores experimentadores.

Cartilla Cafetera Tomo II: (Café orgánico, Manejo integrado de la broca, Disturbios fisiológicos y nutricionales, Manejo de otras plagas, Manejo de enfermedades, Manejo de productos biológicos y químicos, Recolección del café, Beneficio I: Despulpado, Remoción del mucílago y Lavado, Beneficio II: Secado, Manejo de productos del beneficio, Tratamiento de aguas residuales, Obtención de ingresos adicionales).

#### DIV 0107 OTROS IMPRESOS (Plegables, afiches, volantes)

- Feria de Cafés Especiales. Imagen corporativa del evento, afiches, pendones, plegable, póster, boletas y otras aplicaciones. Imagen ambiental y organización de la feria.
- Afiche para el Primer Congreso de Ornitología Colombiana.
- Afiche y Tabla de color del Melón
- Afiche de la Guanábana.
- Afiche del Aguacate.
- Afiche: Esperando gavilanes.
- Tabla de color de naranja.

- Tabla de color de mangos mejorados.

#### **Biocartas:**

No. 1: Biodiversidad. Marzo de 2004

No. 2: El proyecto garzas. Mayo de 2004

No. 3: Los bosques de la zona cafetera. Julio de 2004

No. 4: Estudio de la aves con las comunidades cafeteras. Agosto de 2004

No. 5: El paso de los gavilanes migratorios. Septiembre de 2004

#### **Brocartas:**

No. 35: Seguimiento y captura de brocas usando trampas en cafetales. Septiembre de 2003.

No. 36: Captura de adultos de broca del café en trampas con atrayentes. Diciembre de 2003.

No. 37: ¿Cómo participa el hongo *Beauveria bassiana* en el manejo integrado de la broca del café?. Enero de 2004.

#### DIV 0108 - OTRAS PUBLICACIONES (ASESORÍAS A OTRAS DEPENDENCIAS DE LA FEDERACIÓN).

- Revista Cafetera Colombiana No. 215.
- El comportamiento de la industria cafetera colombiana durante 2003.

#### DIV 0202 VIDEO

**E-LEARNING:** La Sección participó en la planeación, diseño, edición y desarrollo del proyecto de capacitación del Servicio de Extensión, empleando ambientes virtuales.

Actualmente, se encuentran en la plataforma Blackboard, del Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA, los módulos:

- La Planta: Estructura y Funciones

- Factores Climáticos y Producción Vegetal
- y está en proceso de construcción el Módulo:
- Suelos: Fertilidad y Sostenibilidad

4. Fotografía digital	6.684
5. Fotografías digitalizadas	650
6. Fotografías recopiladas	792
7. Órdenes de trabajo atendidas	102

### DIV 0203 PORTAL

PORTAL WEB: [www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org).

La Sección de Divulgación y Transferencia participó junto con otras disciplinas de Cenicafé en la conceptualización y desarrollo de este portal WEB, el cual se abrió a consulta de los usuarios en el mundo el 18 de octubre de 2004.

### DIV 0401 - ATENCIÓN A VISITANTES.

Se atendieron 164 eventos en la sede principal de Cenicafé en Chinchiná, con un total de 4.404 visitantes, así:

- 2.350 caficultores
- 1.815 estudiantes universitarios
- 210 empleados del Servicio de Extensión
- 29 ciudadanos extranjeros

Además, en las subestaciones experimentales hubo 7.076 visitantes, principalmente caficultores y empleados del Servicio de Extensión.

### DIV 0501 - FOTOGRAFÍA.

Se realizaron los siguientes trabajos:

1. Rollos de película negativa a color (fotografía en papel)\* 80
2. Copias ( 6x9cm, 10x15cm, 13x18cm y 15x21cm) 3.032
3. Rollos de película positiva a color (diapositivas en formatos 135 y 120) 7

### DIV 0502 - DISTRIBUCIÓN DE PUBLICACIONES.

En la actualidad la base de datos cuenta con 9.597 suscriptores, de los cuales 8.938 son colombianos y 659 son extranjeros.

Durante este período se distribuyeron:

Publicación	Total ejemplares enviados
Avances Técnicos del No. 309 al 322	150.258
Revista Cenicafé Vol. 54 Nos. 2, 3 y 4	8.307
Boletín Técnico No 26.	2.769
Anuario Meteorológico Cafetero 2002	616
Brocartas Nos. 35, 36 y 37	32.207

### DIV 0503 - APOYO DE COMUNICACIONES.

Para las diferentes reuniones técnicas, visitas y otros eventos realizados en Cenicafé, la Sección de Divulgación y Transferencia apoyó a los investigadores con el suministro de equipos de proyección, préstamos de salas y con el diseño e impresión de pósteres para exposiciones y días de campo. Además, se ingresaron en la página de Cenicafé 37 seminarios científicos.

### DIV 0601 - CURSOS Y SEMINARIOS.

- Curso Intensivo sobre Café. Marzo 2, 3, 4 y 5; Agosto 12 y 13.
- Capacitación para personal de Cenicafé sobre el manejo de Swetswise Online. Marzo 29.

- Taller de clausura del proyecto Cenicafé-Minambiente. Abril 2.
- Entrenamiento en producción de entomopatógenos. Cenicafé. Abril 19.
- Capacitación en el cultivo del café. Mayo 17 al 21.
- Curso Beneficio Ecológico y Calidad. Agosto 2 y 3.
- Curso nacional de capacitación en protección fitosanitaria en Forestales. Agosto 23, 24, 25, 26 y 27.

#### DIV 0602 - REUNIONES TÉCNICAS.

- Potencial de captura de carbono por especies nativas e introducidas. Febrero 13.

#### DIV 0603 - DÍAS DE CAMPO.

Algunas de las visitas atendidas en Cenicafé incluyeron días de campo realizados en la Estación Central Naranjal; dentro de estos grupos se encuentran los caficultores y el servicio de extensión de los diferentes Comités de Departamentales de Cafeteros.

### MATERIALES PARA LA TITULACIÓN DEL TALENTO HUMANO POR COMPETENCIAS

#### Mesa Sectorial del Café y el Sena

Se entregaron al SENA los contenidos de la Estructura Curricular "Producción de café", definida en la Mesa Sectorial del Café con el objetivo de capacitar al Talento Humano de la zona cafetera colombiana en competencias relacionadas con la titulación "Producir café con criterios de rentabilidad, calidad y sostenibilidad de los recursos".

El SENA formará al personal vinculado a los puestos de trabajo en las fincas cafeteras y acreditará su capacitación.

Los módulos de formación son:

- No 1. Obtención de colinos de café
- No 2. Establecimiento de plantaciones de café
- No 3. Manejo integrado de enfermedades y corrección de disturbios nutricionales del café
- No 4. Manejo integrado de plagas del café
- No 5. Recolección del café
- No 6. Beneficio ecológico del café
- No 7. Manejo y aprovechamiento de productos derivados del beneficio del café

La Sección de Divulgación y Transferencia de Cenicafé, compiló, diseñó y entregó las 7 cartillas correspondientes al SENA para que se desarrolle el programa de capacitación. Este es considerado un esfuerzo para brindar competitividad a la caficultura colombiana y un programa masivo de transferencia de la tecnología generada por Cenicafé





## Recursos externos Cenicafé - 2004 Aportantes Nacionales

Entidad aportante	Convenios	Experimentos	Millones \$
Alcaldía de Manizales	1	1	26
Asocítricos	1	1	45
Asohofrucol	1	1	20
Cintel	2	2	105
Colciencias	10	12	306
Conif	2	3	24
Corpor. Auton. Reg. Quindío	2	1	7
Corporación Colombia Internacional	1	1	5
Fundación Carvajal	1	1	17
Hydro Agri Colombia Ltda.	1	1	14
Industria Licorera de Caldas	1	1	353
Instituto Alexander Von Humboldt	1	1	97
Kali und Salz - Monómeros	1	1	27
Minagricultura	1	24	5,603
Minambiente - Biodiversidad	1	17	1,731
Orius	1	1	6
Proexport Colombia	4	4	124
Sena - Secab - Icontec	2	2	240
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>75</b>	<b>8,750</b>

## Recursos externos Cenicafé - 2004 Aportantes Internacionales

Entidad aportante	Convenios	Experimentos	Millones \$
Darwin Initiative for the Survival of Species	1	1	202
FAO - ICO - CFC	1	1	161
I.C.G.E.B.	1	1	59
Kali Und Salz - Sopib	1	1	44
Phosyn PLC	1	1	11
SQM North America	1	1	9
The Nature Conservancy	1	1	46
U.S.D.A.	1	1	18
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>550</b>

## Personal Otros Tipos de Vinculación

Tipo de contrato	Año 2004 *
Servicios Profesionales	66
Estudiantes (Tesis de grado)	26
<b>Total</b>	<b>92</b>

\* a 31 de octubre de 2004

## Investigadores Asociados a Cenicafé Área Conocimiento Estratégico

Nombre	Profesión	Nivel Académico
ARBOLEDA VALENCIA JORGE WILLIAM BADEL PACHECO JORGE LUIS	Ingeniero Agrónomo Bioquímico	Pregrado Doctorado en Fitopatología
BARRERA GUTIERREZ JORGE ENRIQUE BETANCUR PÉREZ JHON FREDDY	Ingeniero Forestal Licenciado en Biología y Química	Pregrado Maestría en Genética Humana
CADAVID ORDOÑEZ MARCELA	Biologo con Mención en Genética	Pregrado
CALLE CARLOS MARIO CANO MOGROVEJO LILIANA MARIA	Ingeniero Agrónomo Ingeniero de producción biotecnológica	Pregrado Pregrado
CASTAÑO SALAZAR JOHN HAROLD CAYCEDO PAZ YOLANDA LORENA CEBALLOS FREIRE ALVARO JAVIER CHALARCA LÓPEZ ANDRÉS FERNANDO	Médico Veterinario Zootecnista Bacteriólogo Ingeniero Agroforestal Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado
DIAZ RESTREPO ANDREA	Licenciado en Biología y Química	Especialización en Biología Molecular y Biotecnología
ECHEVERRY GIRALDO LUZ FANNY FLOREZ RAMOS CLAUDIA PATRICIA	Tecnólogo en química Ingeniero Agrónomo	Pregrado Doctorado en Ciencias Agropecuarias
GALEANO VANEGAS NARMER FERNANDO GUZMÁN PIEDRAHITA OSCAR ADRIÁN IDARRAGA ORTIZ SANDRA MILENA IRIARTE SOLÓRZANO GLORIA ASTRID JIMÉNEZ SÁNCHEZ CARLOS ARTURO LÓPEZ GARTNER GERMÁN ARIEL	Microbiólogo Ingeniero Agrónomo Biólogo Ingeniero Agrónomo Tecnólogo en Sistemas Licenciado en Biología y Química	Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Especialización en Biología
MANTILLA AFANADOR JAVIER GUILLERMO MARTINEZ DIAZ CLAUDIA PATRICIA MEDINA ORTEGA JARY ARNOLD MONTROYA CARTAGENA JUAN CARLOS MONTROYA ORTIZ GLADYS ESTELLA	Biólogo Bacteriólogo Tecnólogo Forestal Biólogo Biólogo	Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Especialización en Ciencias Microbiológicas
OSSA OSSA GUSTAVO ADOLFO PADILLA HURTADO BEATRIZ HELENA	Licenciado en Biología y Química Bacteriólogo y Laboratorista Clínico	Pregrado Especialización en Biología Molecular y Biotecnología
PRIETO HERNANDEZ SERGIO RANGEL LEMA MARIA PAOLA	Ingeniero Agrónomo Bióloga	Pregrado Maestría en Biotecnología de plantas
RIVERA SERNA LUIS FERNANDO	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado
RODRIGUEZ BARRENECHE FERNANDO	Bacteriólogo y Laboratorista Clínico	Pregrado
ROMERO JUAN VICENTE RUBIO GÓMEZ JOSÉ DAVID RUIZ SAMBONÍ JUAN CARLOS SALDARRIAGA GIL JHON FREDDY SANCHEZ SANCHEZ ALEJANDRA MARIA SILVA RIVERA HILDA LILIANA TABORDA QUINTERO OLGA CECILIA VILLEGAS HINCAPIE ANDRES MAURICIO YANDAR ERAZO SILVANA EDITH ZABALA ECHAVARRIA GUSTAVO ADOLFO	Ingeniero Agrónomo Ingeniero Agrónomo Químico Ingeniero Forestal Biólogo Microbiólogo Químico Industrial Ingeniero Agrónomo Ingeniero Agroforestal Biólogo	Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado Pregrado

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA  
GERENCIA TÉCNICA  
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA  
Centro Nacional de Investigaciones de Café  
"Pedro Uribe Mejía"

DIRECCIÓN

Gabriel Cadena G., Ph.D.

PROGRAMA DE APOYOS BÁSICOS

**Agroclimatología**

Orlando Guzmán M., Ing. Agrónomo M.Sc.  
José Vicente Baldión R., Ing. Agrónomo  
Álvaro Jaramillo R., Ing. Agrónomo M.Sc.

**Biometría**

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.  
Juan Carlos Vélez Zape, Ingeniero Agrícola

**Control Interno**

Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público

**Divulgación**

Héctor Fabio Ospina O., Ing. Agrónomo M.Sc.

**Documentación**

Nancy Cecilia Delgado R., Bibliotecóloga

**Economía**

Hernando Duque O., Ing. Agrónomo M. Sc.

**Sistemas**

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico  
Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas.

**Biología de la Conservación**

Jorge Eduardo Botero E., Biólogo Ph.D.

PROGRAMA DE BIOLOGÍA

Álex Enrique Bustillo P., Coordinador

**Entomología**

Álex Enrique Bustillo P., Ing. Agrónomo Ph.D.  
Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo Ph.D.\*\*  
Carmenza Esther Góngora B., Microbióloga Ph.D.  
Juan Carlos López N., Microbiólogo  
Maribel del S. Portilla R., Ing. Agrónomo Ph.D.\*\*  
Francisco Javier Posada F., Ing. Agrónomo Ph.D.\*\*  
Elena Trinidad Velásquez S., Bioquímica M.Sc  
Zulma Nancy Gil P., Ing. Agrónomo  
Mónica Pava R., Bacterióloga y Laboratorista  
Clínico\*

**Fisiología Vegetal**

Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo Ph. D.  
Jerson Ramón Domínguez T., Biólogo Ph.D.  
Luis Fernando Gómez G. Ing. Agrónomo  
Juan Carlos López R. Ing. Agrónomo

**Fitopatología**

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.  
Carlos Ariel Ángel C., Ing. Agrónomo\*  
Bertha Lucía Castro C., Ing. Agrónomo M.Sc.  
Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo M.Sc.  
Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.  
Carlos Alberto Galvis G. Ing. Agrónomo

**Mejoramiento Genético y Biotecnología**

Gabriel Alvarado A., Ing. Agrónomo M.Sc.  
José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.  
Hernando Alfonso Cortina G., Ing. Agrónomo M.Sc.  
Juan Carlos Herrera P., Biólogo Ph.D.\*\*  
María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo Ph. D.  
Huver Elías Posada S., Ing. Agrónomo Ph.D.\*  
Diana María Molina V., Bacterióloga

## PROGRAMA DE AGRONOMÍA Y EXPERIMENTACIÓN

Jaime Arcila P., Coordinador

### Fitotecnia

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo Ph.D.  
Argemiro Miguel Moreno B., Ing. Agrónomo  
M.Sc.  
Fernando Farfán V., Ing. Agrónomo

### Suelos

Siavosh Sadeghian Kh., Ing. Agrónomo M.Sc.  
Hernán González Osorio., Ing. Agrónomo  
Luis Fernando Salazar G., Ing. Agrónomo  
Édgar Hincapié G., Ing. Agrónomo

## SUBESTACIONES DE EXPERIMENTACIÓN

### Estación Central Naranjal

Celso Arboleda V., Ing. Agrónomo M.Sc.

### Subestación Experimental El Tambo

Carlos Rodrigo Solarte P., Ing. Agrónomo

### Subestación Experimental El Rosario

Jhon Wilson Mejía M., Ing. Agrónomo

### Subestación Experimental La Catalina

José Darío Arias C., Ing. Agrónomo

### Subestación Experimental Líbano

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

### Subestación Experimental Paraguaicito

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo

### Subestación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

### Subestación Experimental Santander

Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo

## PROGRAMA DE POSTCOSECHA

Carlos Eugenio Oliveros T., Coordinador

### Ingeniería Agrícola

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.  
Gonzalo Roa M., Electromecánico Ph.D.  
César Augusto Ramírez G., Arquitecto  
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico Ph.D.

### Química Industrial

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.  
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico  
Nelson Rodríguez V., Ing. Químico

## PROGRAMA ETIA

José Arthemo López R., Coordinador

Gloria Esperanza Aristizábal V., Bióloga M.Sc.  
María Cristina Chaparro C., Tec. Alimentos, Química  
Claudia Rocío Gómez P., Tec. Química Ind.  
Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos  
Clemencia Villegas G., Ing. Agrónomo M.Sc.  
Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal

**DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS**

Luis Carlos Carmona L., Ing. Químico, especializado en Finanzas y Economía Cafetera

**Sección Contabilidad**

Gloria Liliana Gómez R., Contador Público

Jesús Danilo González O., Contador Público

**Sección Mantenimiento y Servicios**

Jairo Zapata Z., Ing. Electricista

**Personal**

Carlos Ricardo Calle A., Ingeniero de Sistemas

**Tesorería**

Martha Elena Vélez H., Contador Público

**Sección Presupuesto**

César Alberto Serna G., Contador

Carlos Arturo González V., Ing. Industrial

Jesús Alberto Cardona L. Ing. Industrial

**Sección Suministros y Bienes**

Mauricio Loaiza M., Ing. Industrial

**Agroclimatología**

Diana G. Sierra M., Ing. Agrónomo

**JÓVENES INVESTIGADORES - CONVENIO COLCIENCIAS**

Carolina Aristizábal Arias., Economista Empresarial

Jorge William Arboleda V., Ing. Agrónomo

John Harold Castaño S., Veterinario y Zootecnista

Juan Carlos Lara González., Ing. Agrónomo

Beatriz Elena Padilla H., Bacterióloga

Alveiro Salamanca J., Ing. Agrónomo

Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público

**Divulgación**

\* Comisión de Estudios

\*\* Post-doctorado

(E): Jefe encargado

**Entomología**

Alex Enrique Serrano P., Ing. Agrónomo

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo

Carmenza Esther González B., Microbióloga

Juan Carlos López N., Microbióloga

Maribel de S. Fortuna R., Ing. Agrónoma

Frodo M. Salazar A., Ing. Agrónomo

Elena Trinidad Vidales C., Ing. Agrónoma

Liliana Nancy Gil R., Ing. Agrónoma

Mónica Riva R., Bacterióloga y Laborantista

Clara

**Fisiología Vegetal**

Néstor Miguel Riaño M., Ing. Agrónomo

Javier Pardo

Luis Fernando Gómez