

# Resumen del Informe Anual de Actividades

**Cenicafé**  
**2004-2005**



Federación Nacional de  
Cafeteros de Colombia



Ministerio de Agricultura y  
Desarrollo Rural



**FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA**

**COMITÉ NACIONAL**

Periodo 1° enero/03-diciembre 31/06

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

Juan Camilo Restrepo Salazar  
Mario Gómez Estrada  
César Eladio Campos Arana  
Danilo Cabal Cano  
Fabio Villegas Ramírez\*  
Carlos Alberto Gómez Buendía  
Floresmiro Azuero Ramírez  
Carlos A. Martínez Martínez  
Javier Bohórquez Bohórquez  
Jaime García Parra

\* Renunció el 8 de marzo de 2005

**Gerente General**

GABRIEL SILVA LUJÁN

**Gerente Administrativo**

LUIS GENARO MUÑOZ ORTEGA

**Gerente Financiero**

CATALINA CRANE ARANGO

**Gerente Comercial**

ROBERTO VÉLEZ VALLEJO

**Gerente Técnico**

ÉDGAR ECHEVERRI GÓMEZ

**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 2005 ©.

## **PUBLICACIÓN DE CENICAFÉ**

### **Editor:**

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

### **Diagramación y Diseño:**

Carmenza Bacca Ramírez  
María del Rosario Rodríguez

### **Fotografías:**

Gonzalo Hoyos Salazar - Archivo Cenicafé y  
Disciplinas de Investigación

### **ISBN:**

958-97726-2-5

### **Carátula:**

Cafetal con sombrío de guamo. Estación Central Naranjal. Cenicafe

### **Impresión:**

Editorial Feriva S.A.

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.

# Contenido

<b>Resumen Ejecutivo</b>	12
<b>Productividad Agronómica</b>	21
I. Agroclimatología	21
II. Suelos y Nutrición	23
III. Manejo de Cafetales	45
IV. Investigación Regional	52
V. Controladores biológicos y biodiversidad	70
VI. Manejo de Enfermedades	71
VII. Bioinformática	72
VIII. Fisiología del Cafeto	73
IX. Mejoramiento Genético y Biotecnología	79
<b>Viabilidad Económica del Café</b>	83
I. Economías de escala	83
II. Avances en cosecha	93
III. Avances en beneficio	104
IV. Costos de Producción	107
<b>Calidad y Cafés Especiales</b>	108
I. Calidad del Café	108
II. Cafés Especiales	113
<b>Sistemas de Producción Complementarios</b>	116
I. Especies Forestales	116
II. Especies de interés económico	125
III. Investigación Adaptativa	134
IV. Tecnología poscosecha de frutas y hortalizas	138
<b>Sostenibilidad Ambiental</b>	140
I. Proyecto iniciativa Darwin	140
II. Manejo integrado de Arvenses	141
III. Entomofauna de la zona Cafetera	146
IV. Manejo integrado de la Broca	148
V. Biología de la conservación	154
VI. Tratamientos de residuos líquidos y sólidos de los procesos del café	157

## Conocimiento Estratégico

I.	Genómica del café, la broca y el hongo <i>Bauveria bassiana</i>	161
II.	Bioinformática	161
III.	Tecnologías complementarias para la cosecha y el beneficio del café	162
IV.	Biodiversidad genética de controladores biológicos	164
V.	Búsqueda de resistencia a la broca	164

## Divulgación y Transferencia

I.	Documentación	167
II.	Sistemas	168
III.	Divulgación y Transferencia	170
IV.	Productos	174

## Recursos Humanos y Financieros

	Investigadores Asociados a Cenicafé	175
	Estudiantes vinculados a Cenicafé	175
	Recursos externos Cenicafé - 2005	177
	Aportantes Internacionales	179
	Recursos externos Cenicafé - 2005	179
	Aportantes Nacionales	180

# Informe Anual

## 2004-2005

### 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.

MARTES 8 DE NOVIEMBRE AM

MODERADOR: Juan Rodrigo Sanz U.

INSTALACIÓN

8:00 AM

## PRODUCTIVIDAD AGRONÓMICA

<b>I. AGROCLIMATOLOGÍA</b>			
Red meteorológica de la FNC y variación de la temperatura con la altitud y la latitud en la zona cafetera Ecotopos cafeteros del suroeste de Antioquia.	Orlando Guzmán M. Agroclimatología	8:15 AM	
Las lluvias máximas de la zona cafetera	José Vicente Baldión R. Agroclimatología	8:30 AM	
Relación de la concentración de flores y la dinámica de la humedad del suelo	Alvaro Jaramillo R. Agroclimatología	8:45 AM	
	Esther Cecilia Montoya R. Biometría	9:00 AM	
<b>II. SUELOS Y NUTRICIÓN DEL CAFETO</b>			
Avances sobre la respuesta del cultivo de café, sembrado en altas densidades, a la fertilización con nitrógeno y potasio	Siavosh Sadeghian K. Suelos	9:15 AM	
Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la composición de la fase líquida del suelo	Edgar Hincapié G. Suelos	9:30 AM	
Variabilidad de la fertilidad del suelo en dos veredas y dos lotes de la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca	María Alejandra Patiño G. Suelos. U. de Caldas	9:45 AM	
			<b>RECESO 10:00 AM</b>
Efecto del enclamiento sobre las propiedades químicas del suelo y el crecimiento de las plantas de café en la etapa de almácigo	Carolina Díaz M. Suelos. U. de Caldas	10:30 AM	
Avances sobre la respuesta del cultivo de espárrago a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en la zona cafetera central	Ana María Ramírez J. Suelos. U. de Caldas	10:45 AM	
<b>III. MANEJO AGRONÓMICO DE CAFETALES</b>			
Comparación de tres formas de implantar sistemas de manejo de cafetales establecidos	Argemiro Miguel Moreno B. Fitotecnia	11:00 AM	
Fertilización orgánica en café	Fernando Farfán V. Fitotecnia	11:15 AM	
Problemas especiales. La crespada del café y la raíz bifurcada.	Jaime Arcila P. Fitotecnia	11:30 AM	
<b>IV. INVESTIGACIONES EN MAÍZ</b>			
Avances en la experimentación con maíz en la zona cafetera	Luis Narro Programa de maíz, CIMMYT	11:45 AM	
			<b>MODERADOR: Hernando Cortina G.</b>
<b>MARTES 8 DE NOVIEMBRE PM</b>			
<b>V. ENTOMOFAUNA DE LA ZONA CAFETERA</b>			
Insectos de la zona cafetera: Importancia del orden Odonata en estudios de biodiversidad	Zulma Nancy Gil P. Entomología	1:30 PM	
Reconocimiento de las hormigas de la zona cafetera Colombiana.	Gustavo A. Zabala Entomología. Serv. Profesionales.	1:45 PM	
Caracterización molecular de las hormigas del género <i>Acropyga</i> de la zona cafetera Colombiana.	Liliana María Cano M. Entomología. Serv. Profesionales.	2:00 PM	
Nematodos Entomopatógenos de zona cafetera	Juan Carlos López N. Entomología.	2:15 PM	
<b>VI. BROCA DEL CAFÉ</b>			
Análisis biológico y económico de las labores del manejo de la broca del café durante la renovación de cafetales	Carlos Gonzalo Mejía M. Entomología	2:30 PM	
Determinación de la precisión del muestreo de infestación de <i>Hypothenemus hampei</i> en la compra de café por las Cooperativas Cafeteras.	Alex Enrique Bustillo P. Entomología	2:45 PM	
Variabilidad genética y evaluación biológica del parasitoide <i>Prorops nasuta</i> en Colombia	Carlos Ernesto Maldonado Entomología U. de Pamplona.	3:00 PM	
			<b>RECESO 3:15 PM</b>
Evaluación de marcadores físicos y moleculares para el estudio de dispersión de adultos de broca	Flor Edith Acevedo Entomología U. de Caldas	3:45 PM	
Avances en el desarrollo de plantas que expresan genes de quitinasas	Yolanda Lorena Caycedo P. Entomología. Serv. Profesionales	4:00 PM	
Desarrollo de un software para simular la dinámica de poblaciones de la broca del café	Juan Carlos Ortiz Entomología	4:15 PM	
<b>VII. EQUIPOS DE ASPERSIÓN Y CONTROL DE LA BROCA</b>			
Evaluación de diferentes equipos de aspersión sobre la viabilidad de entomonemátodos	Liliana Arango Entomología. U. de Caldas	4:30 PM	

MARTES 8 DE NOVIEMBRE AM

MODERADOR: Juan Rodrigo Sanz U.

INSTALACIÓN

8:00 AM

## PRODUCTIVIDAD AGRONÓMICA

<b>I. AGROCLIMATOLOGÍA</b>			
Red meteorológica de la FNC y variación de la temperatura con la altitud y la latitud en la zona cafetera Ecotopos cafeteros del suroeste de Antioquia.	<b>Orlando Guzmán M.</b> Agroclimatología		8:15 AM
Las lluvias máximas de la zona cafetera	<b>José Vicente Baldión R.</b> Agroclimatología		8:30 AM
Relación de la concentración de flores y la dinámica de la humedad del suelo	<b>Alvaro Jaramillo R.</b> Agroclimatología		8:45 AM
	<b>Esther Cecilia Montoya R.</b> Biometría		9:00 AM
<b>II. SUELOS Y NUTRICIÓN DEL CAFETO</b>			
Avances sobre la respuesta del cultivo de café, sembrado en altas densidades, a la fertilización con nitrógeno y potasio	<b>Siavosh Sadeghian K.</b> Suelos		9:15 AM
Efecto de la fertilización nitrogenada y potásica sobre la composición de la fase líquida del suelo	<b>Edgar Hincapié G.</b> Suelos		9:30 AM
Variabilidad de la fertilidad del suelo en dos veredas y dos lotes de la zona cafetera del departamento del Valle del Cauca	<b>María Alejandra Patiño G.</b> Suelos. U. de Caldas		9:45 AM
<b>RECESO 10:00 AM</b>			
Efecto del enclamiento sobre las propiedades químicas del suelo y el crecimiento de las plantas de café en la etapa de almácigo	<b>Carolina Díaz M.</b> Suelos. U. de Caldas		10:30 AM
Avances sobre la respuesta del cultivo de espárrago a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en la zona cafetera central	<b>Ana María Ramírez J.</b> Suelos. U. de Caldas		10:45 AM
<b>III. MANEJO AGRONÓMICO DE CAFETALES</b>			
Comparación de tres formas de implantar sistemas de manejo de cafetales establecidos	<b>Argemiro Miguel Moreno B.</b> Fitotecnia		11:00 AM
Fertilización orgánica en café	<b>Fernando Farfán V.</b> Fitotecnia		11:15 AM
Problemas especiales. La cressera del cafeto y la raíz bifurcada.	<b>Jaime Arcila P.</b> Fitotecnia		11:30 AM
<b>IV. INVESTIGACIONES EN MAÍZ</b>			
Avances en la experimentación con maíz en la zona cafetera	<b>Luis Narro</b> Programa de maíz, CIMMYT		11:45 AM
<b>MARTES 8 DE NOVIEMBRE PM MODERADOR: Hernando Cortina G.</b>			
<b>V. ENTOMOFAUNA DE LA ZONA CAFETERA</b>			
Insectos de la zona cafetera: Importancia del orden Odonata en estudios de biodiversidad	<b>Zulma Nancy Gil P.</b> Entomología		1:30 PM
Reconocimiento de las hormigas de la zona cafetera Colombiana.	<b>Gustavo A. Zabala</b> Entomología. Serv. Profesionales.		1:45 PM
Caracterización molecular de las hormigas del género <i>Acropyga</i> de la zona cafetera Colombiana.	<b>Liliana María Cano M.</b> Entomología. Serv. Profesionales.		2:00 PM
Nematodos Entomopatógenos de zona cafetera	<b>Juan Carlos López N.</b> Entomología.		2:15 PM
<b>VI. BROCA DEL CAFÉ</b>			
Análisis biológico y económico de las labores del manejo de la broca del café durante la renovación de cafetales	<b>Carlos Gonzalo Mejía M.</b> Entomología		2:30 PM
Determinación de la precisión del muestreo de infestación de <i>Hypothenemus hampei</i> en la compra de café por las Cooperativas Cafeteras.	<b>Alex Enrique Bustillo P.</b> Entomología		2:45 PM
Variabilidad genética y evaluación biológica del parasitoide <i>Prorops nasuta</i> en Colombia	<b>Carlos Ernesto Maldonado</b> Entomología U. de Pamplona.		3:00 PM
<b>RECESO 3:15 PM</b>			
Evaluación de marcadores físicos y moleculares para el estudio de dispersión de adultos de broca	<b>Flor Edith Acevedo</b> Entomología U. de Caldas		3:45 PM
Avances en el desarrollo de plantas que expresan genes de quitinasas	<b>Yolanda Lorena Caycedo P.</b> Entomología. Serv. Profesionales		4:00 PM
Desarrollo de un software para simular la dinámica de poblaciones de la broca del café	<b>Juan Carlos Ortiz</b> Entomología		4:15 PM
<b>VII. EQUIPOS DE ASPERSIÓN Y CONTROL DE LA BROCA</b>			
Evaluación de diferentes equipos de aspersión sobre la viabilidad de entomonemátodos	<b>Liliana Arango</b> Entomología. U. de Caldas		4:30 PM



RECESO		3:00 PM
Evaluación de un equipo portátil de fabricación comercial en la cosecha de café	<b>Diego Díaz G.</b> Ing. Agrícola, U. Nacional, Bogotá	3:30 PM
Avances en el desarrollo de dispositivos para recoger frutos de café desprendidos en cosecha semi-mecanizada	<b>Hugo Andrés López F.</b> Ing. Agrícola. Serv. Profesionales	3:45 PM
Evaluación técnico económica de un sistema de cosecha manual asistida del café. Avances en cosecha con la herramienta DESCAFE	<b>Juan Alejandro Alvarez V.</b> Ing. Agrícola. Serv. Profesionales.	4:00 PM
Evaluación de vibradores portátiles del tronco (VPT's) en la cosecha del café	<b>Humberto Araque S.</b> Ing. Agrícola. Serv. Profesionales	4:15 PM
Estudio cinemático de los frutos del café desprendidos con impactadores	<b>Julián Andrés Cardona D.</b> Ing. Agrícola - U. Tecnológica de Pereira	4:30 PM
Otros tipos de impactadores para la cosecha semi-mecanizada de café	<b>Edilson León Moreno C.</b> Ing. Agrícola. Serv. Profesionales	4:45 PM
Diseño de tecnología para la cosecha mecanizada en cafetales de alta densidad aplicando impactos al follaje	<b>Oscar Alberto Alfonso C.</b> Ing. Agrícola. Serv. Profesionales	5:00 PM
Avances en cosecha mecanizada de café en condiciones colombianas.	<b>Juan Rodrigo Sanz U.</b> Ing. Agrícola.	5:15 PM
Avances en el desarrollo de tecnologías para el secado solar del café		

**JUEVES 10 DE NOVIEMBRE AM**

**MODERADOR: Carmenza Góngora B.**

### CALIDAD Y CAFES ESPECIALES

#### XIII. CALIDAD DEL CAFÉ

Estudios de calidad y diferenciación del café de Colombia por origen	<b>Gloria Inés Puerta O.</b> Química Industrial	8:00 AM
Estandarización de método para determinación de OTA en café por HPLC - prueba interlaboratorios	<b>Claudia Patricia Gallego A.</b> Química Ind. -Servicios profesionales	8:15 AM
Perfiles cromatográficos del aroma del café	<b>Aristóteles Ortíz</b> Fisiología Vegetal	8:30 AM

### VIABILIDAD ECONÓMICA DEL CAFÉ

#### XIV. ECONOMÍAS DE ESCALA

Identificación de los patrones de consumo e ingreso en fincas de economía campesina de la zona central cafetera. Avances.	<b>Carolina Aristizábal A.</b> Economía-Serv. Profesionales	8:45 AM
Impacto económico del proyecto café especial La Vereda, Riosucio Caldas. Avances	<b>Aída Esther Peñuela M.</b> Programa ETIA	9:00 AM
Evaluación económica de tres sistemas de producción de café. Avances	<b>Hernando Duque O.</b> Economía	9:15 AM

### SISTEMAS DE PRODUCCIÓN COMPLEMENTARIOS

#### XV. ESPECIES FORESTALES NATIVAS

Avances en Investigación con guayacán rosado ( <i>Tabebuia rosea</i> )	<b>Carlos Mario Ospina P.</b> Programa ETIA	9:30 AM
Modelo de crecimiento y captura de carbono por especies forestales en el trópico (CREFT) -. Caso <i>Pinus patula</i>	<b>Oscar I. Osorio L.</b> Fisiología Veg. Smurfit Cartón de Colombia	9:45 AM

**RECESO 10:00 AM**

Asociación temprana de micorrizas arbusculares en plantas de guayacán rosado.	<b>Silvana Edith Yandar E.</b> ETIA U. de Nariño	10:30 AM
Conservación de la calidad de semilla de especies forestales nativas bajo condiciones de almacenamiento	<b>Alvaro Javier Ceballos F.</b> ETIA U. de Nariño	10:45 AM

#### XVI. INVESTIGACIÓN ADAPTATIVA

Evaluación de germoplasma de macadamia sp. en la zona central cafetera.	<b>Clemencia Villegas G.</b> Programa ETIA	11:00 AM
Reconocimiento de hemípteros plaga y sus enemigos naturales en el cultivo de la macadamia.	<b>Henry Walforth Sánchez S.</b> Programa ETIA. ASOHOFRUCOL Del Alba	11:15 AM
Avances de la evaluación de especies y variedades de cítricos	<b>José Arthemo López R.</b> Programa ETIA	11:30 AM

<b>JUEVES 10 DE NOVIEMBRE PM</b>		<b>MODERADOR: Jaime Arcila P.</b>	
<b>XVII. Fisiología de Cítricos</b>			
Acumulación y distribución de biomasa en Naranja Valencia	<b>Jorge Andrés Ramírez O.</b>	Fisiología Vegetal-Asocítricos	1:30 PM
Fenología y crecimiento del fruto en Naranja Valencia	<b>Diana María Ocampo A.</b>	Fisiología Vegetal-Asocítricos	1:45 PM
Características físico – químicas de la Naranja Valencia, durante su desarrollo	<b>Rocío del Pilar Pineda S.</b>	Fisiología Vegetal-Asocítricos	2:00 PM
<b>XVIII. TECNOLOGÍA POSCOSECHA FRUTAS Y HORTALIZAS</b>			
Resultados de los proyectos sobre caracterización y normalización de frutas.	<b>Juan Mauricio Rojas A.</b>	Programa ETIA	2:15 PM
<b>SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL</b>			
<b>XIX. MANEJO INTEGRADO DE ARVENSES</b>			
Interferencia de algunas arvenses sobre la producción de café	<b>Luis F. Salazar G.</b>	Suelos	2:30 PM
Determinación de la resistencia de algunas arvenses de la zona cafetera colombiana al glifosato.	<b>Hernán Darío Menza F.</b>	Suelos. U. Nal. de Colombia - Palmira	2:45 PM
<b>XX. PROYECTO INICIATIVA DARWIN</b>			
Proyecto de la Iniciativa Darwin, en Cenicafé	<b>Hugo Mauricio Salazar E.</b>	Economía	3:00 PM
<b>RECESO</b>			<b>3:15 PM</b>
<b>XXI. BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN</b>			
Datos preliminares de la historia natural del mono nocturno andino	<b>John Harold Castaño S.</b>	Biol. de la Cons. Serv. Profesionales	3:45 PM
Hábitos alimenticios del mono nocturno andino en zonas cafeteras	<b>Diana M. Cardona R.</b>	Biol. de la Cons. U. de Caldas	4:00 PM
Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en quebradas de Tâmesis, Antioquia	<b>José Mauricio Montes R.</b>	Biol. de la Cons. U. de Caldas	4:15 PM
Aves en zonas cafeteras: ampliando la frontera de nuestro conocimiento	<b>Gloria M. Lentijo J.</b>	Biol. de la Cons. Serv. Profesionales	4:30 PM
Estrategia de educación para la conservación de aves con comunidades cafeteras	<b>Daniel Arbeláez A.</b>	Biol. de la Cons. Serv. Profesionales	4:45 PM
Estudiando la biodiversidad con comunidades cafeteras	<b>Jorge Eduardo Botero E.</b>	Biol. de la Cons.	5:00 PM
<b>VIERNES 11 DE NOVIEMBRE AM</b>		<b>MODERADOR: Alvaro León Gaitán</b>	
<b>XXII. TRATAMIENTO AGUAS RESIDUALES</b>			
Avance en el postratamiento de aguas residuales	<b>Nelson Rodríguez V.</b>	Química Industrial	8:00 AM
Tratamiento secundario de lixiviados	<b>Diego Antonio Zambrano F.</b>	Química Industrial	8:15 AM
<b>DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA</b>			
<b>XXIII. INVESTIGACIÓN REGIONAL</b>			
Informe del Programa de Experimentación 2004-2005	<b>Carlos Rodrigo Solarte P.</b>	Subestación El Tambo	8:30 AM
<b>XXIV. DOCUMENTACIÓN</b>			
Informe Centro de Documentación.	<b>Nancy Cecilia Delgado R.</b>	Documentación	8:45 AM
<b>XXV. SISTEMAS</b>			
Informe Anual 2005 Disciplina de Sistemas.	<b>Luis Ignacio Estrada H.</b>	Sistemas	9:00 AM
<b>XXVI. DIVULGACIÓN Y TRANSFERENCIA</b>			
Actividades de divulgación y transferencia.	<b>Héctor Fabio Ospina O.</b>	Divulgación y Transferencia	9:15 AM
<b>Receso</b>			<b>9:30 AM</b>
<b>GESTIÓN ADMINISTRATIVA</b>			
<b>XXVII. DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS</b>			
Actividades del Departamento.	<b>Luz Myriam Corredor R.</b>	Depto. Servicios Administrativos	10:00 AM
<b>XXVIII. DIRECCIÓN</b>			
Informe de la Dirección 2004-2005.	<b>Gabriel Cadena G.</b>	Director	10:30 AM

Section 1: Introduction

The first part of the document discusses the background and objectives of the study.

This section provides a detailed overview of the methodology used in the research.

The results of the study are presented in this section, showing the data collected.

The discussion section analyzes the findings and compares them with existing literature.

Conclusions are drawn from the study, highlighting the key findings and their implications.

References are listed at the end of the document, providing sources for further reading.

Appendix A contains additional data and figures that support the main text.

Appendix B provides a detailed description of the experimental setup and procedures.

Appendix C includes a list of abbreviations and a glossary of terms used throughout the document.

Appendix D contains a list of acknowledgments and a list of authors.

Appendix E provides a list of contact information for the authors and a list of funding sources.

Appendix F includes a list of references and a list of additional resources.

Appendix G contains a list of figures and tables used in the document.

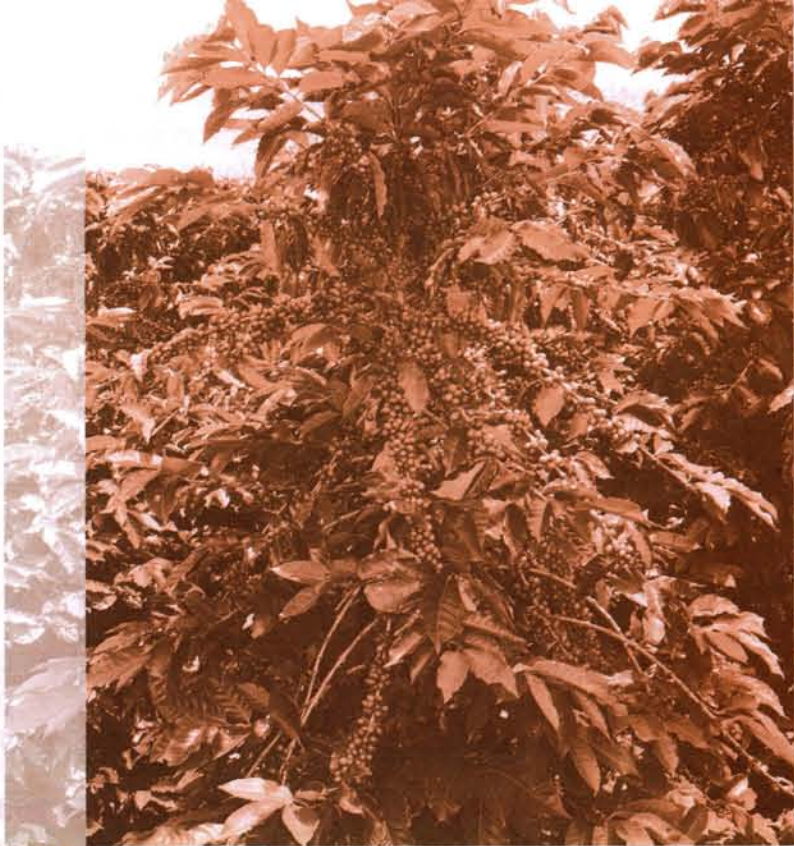
Appendix H provides a list of definitions and a list of abbreviations.

Appendix I includes a list of acknowledgments and a list of authors.

Appendix J contains a list of contact information for the authors and a list of funding sources.

Appendix K provides a list of references and a list of additional resources.

Appendix L includes a list of figures and tables used in the document.



# Resumen ejecutivo

## **CENICAFÉ: Conocimientos para una caficultura competitiva y sostenible**

En desarrollo del Plan Quinquenal y de acuerdo con el Plan Estratégico institucional, las investigaciones desarrolladas por CENICAFÉ generaron nuevos conocimientos para fortalecer la caficultura nacional en cuanto a su productividad, competitividad y sostenibilidad.

Se condujeron 441 investigaciones de las cuales 328 continuarán, 81 terminaron, 23 se cancelaron y 9 se suspendieron. 57 investigaciones se llevaron a cabo en otros sitios como fincas de caficultores, universidades, etc. Estas 57 investigaciones se realizaron en 255 sitios diferentes.

Se destacan los siguientes resultados

## Productividad Agronómica

Después de analizar los datos de producción de cuatro cosechas, características del grano, calidad en taza y resistencia a la roya del cafeto, se entregó una nueva variedad de café que fue denominada por el Comité Directivo de la Federación, con el nombre de VARIEDAD CASTILLO. Con base en investigaciones en las subestaciones experimentales, se seleccionaron seis variedades regionales denominadas Castillo Naranjal; Castillo EL Rosario; Castillo Paraguaicito; Castillo Santa Barbara; Castillo La Trinidad y Castillo Pueblo Bello. Estas variedades poseen un potencial productivo mayor entre 10 y 15%, además de atributos agronómicos sobresalientes y probable tolerancia a la enfermedad de las cerezas del café (CBD).

Se concluyó la selección regional de nuevos genotipos de interés por características agronómicas y resistencia a la roya, que serán liberados próximamente como primera variedad compuesta con resistencia incompleta a la enfermedad. Se desarrollaron nuevas poblaciones F1 y F2 de (Caturra x Híbrido de Timor) x Etíope, para involucrar otras fuentes de resistencia a la roya y explorar el mejoramiento por calidad en taza a partir del germoplasma de *Coffea arabica* de ese origen. Se seleccionaron 15 plantas en tercera generación (F3), con resistencia simultánea a la llaga macana y a la roya, grano supremo superior al 77%, así como 20 plantas en segunda generación (F2), con resistencia a los dos patógenos y grano supremo superior al 77%.

Se produjeron y entregaron a los comités departamentales de cafeteros más de 35.000 kilos de semillas de variedades de *Coffea arabica*.

Se comprobó el efecto positivo de la fertilización basada en nitrógeno y potasio sobre la producción de cafetales. En algunas

localidades los requerimientos alcanzaron los 300 kg/ha/año. Con fertilizantes basados en cloruro se obtuvieron producciones similares a aquellas con sulfato o con nitrato de potasio. El suministro de calcio y azufre redujo parcialmente la incidencia de la mancha de hierro. No hubo respuesta a la aplicación de magnesio, aún con fuentes muy solubles como Kieserita.

Se evaluaron pérdidas por escorrentía de nutrimentos provenientes de la fertilización, siendo los de potasio, amonio, calcio, cloruros y nitratos los iones más afectados. Por lixiviación son mayores las de calcio, potasio y nitratos. Con base en registros históricos de análisis de suelos se generaron mapas de fertilidad para la zona cafetera del departamento del Valle. La aplicación de fertilizantes biológicos combinados con químicos ha mostrado la posible reducción de un 75% de la fertilización convencional y un desarrollo adecuado de plantas y mayor producción. En caficultura orgánica se obtuvieron 444,4 @ de c.p.s./ha con aplicación de 2,0 kg de lombricompost/planta/año; la producción media fue 13,0% y 27,0% superior a las obtenidas con aplicación del fertilizante químico y sin aplicación de fertilizante, respectivamente.

Se encontró que el disturbio de la raíz bifurcada no afecta negativamente el desarrollo de las plantas en almácigo y hasta un año de desarrollo en el campo. Se terminó un estudio de sistemas de renovación de cafetales, en El Rosario (Antioquia) y Líbano (Tolima). Se evaluó la renovación por quintas partes, el de dos quintas partes y la renovación total del lote o la finca. En el primer ciclo de cosecha se encontró más favorable el zoqueo total, a causa del envejecimiento del cafetal mientras se establecía el sistema tanto por zoqueo de una quinta parte como con el zoqueo de dos quintas partes.

En El Tambo (Cauca) la producción de café a libre exposición solar fue 31,4% superior

a la de café con sombrío de eucalipto (*Eucaliptus grandis*), 16,3% y 27,5% mayor a la obtenida con sombrío de pino (*Pinus chiapensis* y *Pinus tecunumanii*) y 39,8% más alta que la obtenida con sombrío de *Inga edulis*. La producción en un ciclo de zoca con sombrío de 70 plantas/ha responde a la aplicación del 75% de la dosis de fertilizante recomendada por el análisis de suelos.

Se encontró que altas poblaciones de arvenses agresivas en las calles de los cafetales disminuyen la producción hasta en un 66,5% y que algunas de las arvenses han adquirido cierto grado de resistencia al herbicida glifosato. Se identificaron además, aquellas especies de mayor interferencia en cafetales, de las cuales 20 son altamente agresivas y 9 potenciales.

Se encontró que el hongo *Trichoderma harzianum* puede ser una alternativa de manejo del volcamiento, importante enfermedad en germinadores de café. Se ha aislado de manera recurrente el hongo *Phoma* sp. en la caracterización del agente causante de la "chamusquina", un problema foliar presente hasta ahora en cafetales del Huila. La incidencia del disturbio denominado la "crespera" en siembras y zocas sometidas a diferentes frecuencias de desyerba no tuvo relación con estos factores; se está recomendando la renovación por siembra de los cafetales afectados como la alternativa de manejo.

### **Viabilidad Económica**

Resulta promisorio el uso de colinos descopados para establecer cafetales con altas densidades de población sembrando un menor número de sitios. El costo adicional por descopar un colino es de tan solo \$5 por colino pero la siembra en sitio definitivo representa una economía del 50% en comparación con la de los colinos sin descopar. También se obtiene la mayor tasa

interna de retorno con colinos descopados y el menor costo variable unitario de producción, y se comprueba una vez mas que la producción de colinos descopados (5.000 sitios/ha.) es similar a 10.000 sitios /ha. usando colinos normales.

Se estimó la función de pérdida de la mancha de hierro del fruto, se continuó la evaluación económica de tres sistemas de manejo de arvenses y de los métodos de renovación.

En la cosecha manual del café asistida con herramientas portátiles motorizadas de batería, IMFRA y DESCAFÉ, se disminuye el costo unitario respecto al método tradicional en 49,3 y 23,8%, respectivamente, con una calidad de cosecha similar a la manual. Estos resultados son promisorios para reducir el costo unitario en más del 10% y las necesidades de personal en más del 30%. Se lograron rendimientos netos con vibradores portátiles del tronco y con el método tradicional de 17,8kg/h/operario y 9,8kg/h, respectivamente, cosechando café hasta con el 11,0% de frutos inmaduros. Los costos unitarios fueron de \$ 200/kg y \$ 212,3/kg, con los métodos tradicional y de vibración del tronco, respectivamente.

Se entregó un nuevo secador solar con la cubierta plástica parabólica desarrollada en Cenicafé e incorporándole innovaciones realizadas en algunas regiones. Se reemplazó el piso de malla plástica por 48 paseras de madera con fondo en malla plástica, disminuyendo los tiempos de secado entre 4 y 7 días.

Se realizó la segunda etapa de la evaluación de la aspiradora Cifarelli V77S para recolección de frutos caídos al suelo, observándose notoria disminución en los tiempos por sitio, jornales/ha y costo de aplicación de la tecnología, con relación al 2004. Hubo disminución en la infestación de broca en

las parcelas aspiradas hasta 3 meses después de aplicados los tratamientos, siendo menor en aquellas donde se recogieron frutos en 70% y 100% de los sitios.

### **Calidad y Cafés Especiales**

Se investiga el efecto de factores geográficos, climáticos, edáficos y de origen sobre la calidad del café de Colombia. Se comenzó el desarrollo de un sistema de información para registrar la trazabilidad del café desde su origen en la finca y a través de toda la cadena de comercialización, almacenamiento y la taza, seguimiento que se hace con análisis físicos, químicos y sensoriales. Se está evaluando la composición química y la calidad del café para su diferenciación por origen en 1.300 lotes de café en 800 fincas cafeteras ubicadas en 70 municipios y 30 unidades de suelos correspondientes a distintos materiales parentales. Se evaluarán los factores: unidad de suelo, variedad botánica y altitud en la calidad física y organoléptica, y la composición de elementos químicos y cafeína en suelos, agua de beneficio, café almendra y café tostado, así como para el seguimiento de la trazabilidad del producto, en las variedades Castillo, Caturra, Típica, Borbón, Tabi y Maragogipe. Se estudian los elementos químicos, compuestos químicos o características sensoriales que diferencien al café de Colombia del de otros orígenes botánicos y geográficos. Se han calibrado con longitud de onda y estándares para café verde y tostado, elementos químicos como: Al, Ag, Au, Ba, Be, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Rb, S, Sr, Tl, V, Zn.

Se estudiaron compuestos químicos asociados a la calidad en café verde encontrándose diferencias importantes en los contenidos bioquímicos en las distintas condiciones ambientales. Los espectros NIRs fueron representativos de cada una de las localidades; la localidad tuvo el mayor efecto en estas

diferencias. Se inició al experimento sobre los componentes del aroma del café y su relación con el origen de siembra encontrándose diferencias en componentes del aroma con el grado de tostación del café, y que no existe ninguna relación con el tamaño de partícula obtenida en la molienda.

### **Sostenibilidad Ambiental**

En el Programa Sembradores de Paz, proyecto de café orgánico en la Sierra Nevada de Santa Marta, se contribuyó con la difusión y transferencia masiva de tecnologías para tratamiento de aguas del lavado en Tanque Tina, para lo cual se dictó un segundo curso de capacitación en diseño y operación de los SMTA, dirigida a maestros de obra y extensionistas. El módulo SMTA de la finca Vista Nieves muestra una alta actividad interna y en el efluente un pH en 7.2 unidades, lo que indica buenas condiciones de operación y estabilidad bioquímica de los reactores.

El proyecto co-financiado por la Iniciativa Darwin, adelanta la caracterización de las percepciones de los caficultores acerca de la biodiversidad para fijar líneas base de referencia para trabajos futuros en el tema de los cafés especiales. Se realizó un taller internacional sobre caficultura sostenible con 80 asistentes en representación de 30 instituciones que incluyeron diferentes Comités de Cafeteros.

Se desarrollaron experimentos que buscan documentar la biodiversidad y su estado en tres grupos taxonómicos principales: las aves y mamíferos en sistemas de producción en zonas cafeteras y los invertebrados acuáticos en quebradas y arroyos. Se amplió la geografía de los censos, incluyendo localidades desde el sur, en Huila y Cauca, pasando por el centro occidente, el centro oriente, en los dos Santanderes y Cundinamarca y el norte en la Sierra Nevada. Se involucraron

comunidades cafeteras; pudiéndose corroborar la diversidad natural en estas localidades y las importantes oportunidades para la conservación que aún existen, el gran interés de muchos caficultores, comunidades y funcionarios de la Federación por los temas de biodiversidad y el enorme potencial en las aves para adelantar la educación ambiental como estrategia para buscar la sostenibilidad.

En cuanto a los mamíferos, en especial, del estudio de la ecología de un primate en bosques de la zona cafetera (el mono nocturno andino), se lograron adelantos científicos muy significativos y sobre su conservación. Otros estudios han permitido conocer el efecto de la fragmentación sobre la biodiversidad y usar una especie carismática para promover la conservación. Se adelanta un estudio pionero sobre indicadores ambientales representados en los invertebrados acuáticos en fuentes de agua en zonas cafeteras.

Estudios de biodiversidad han permitido encontrar 55 especies del orden Odonata de las cuales cinco son nuevas para la ciencia. Adicionalmente se recolectaron 150 especies de insectos de importancia en la zona cafetera, estas especies corresponden a plagas, benéficos (parasitoides, predadores), bioindicadores del estado de conservación de los ecosistemas cafeteros y otros organismos de importancia. Los elementos con mayor riqueza en hormigas son los fragmentos de bosque y los cafetales con sombrío, seguidos por los cultivos de cítricos, plátano y café a libre exposición y se incluyen cuatro nuevos registros para el país: *Cyphomyrmex dixus*, *Pheidole scalaris*, *Pyramica minuscula* y *Leptanilloides biconstricta*.

### **Conocimiento Estratégico**

Por segundo año consecutivo, se continuo el Proyecto sobre **Genómica del café,**

**de la broca y del hongo *Beauveria bassiana***, co-financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y ejecutado en colaboración con Cornell University, la Universidad de Maryland, el IRD de Francia, el CINVESTAV de Méjico y el CIAT.

Este proyecto tiene como objetivo contribuir a la generación de conocimientos fundamentales sobre el café, la broca y el hongo biocontrolador *Beauveria bassiana*.

En relación con el café, dichos conocimientos son importantes para la obtención de nuevas variedades de café con atributos de mejor calidad, resistencia a plagas y enfermedades y mejor comportamiento respecto a la floración y maduración de los frutos. Por ello dentro del proyecto se realizan investigaciones que permitirán conocer el mapa genético del café (*Coffea arabica*); el estudio de los genes responsables por la expresión de resistencia a enfermedades de importancia económica como la roya (*Hemileia vastatrix*) y el CBD (*Colletotrichum kahawae*), así como también la búsqueda de expresiones de resistencia a la broca del café (*Hypothenemus hampei*). También se incluyen investigaciones que servirán para caracterizar y distinguir al café de Colombia por sus particulares atributos de calidad expresados por sus contenidos de lípidos, ácidos totales, trigoleninas y cafeína. Las investigaciones sobre los mecanismos genéticos que controlan la floración y por tanto, la maduración de los frutos, servirán para estudiar la posible reducción de costos de producción en la cosecha y para el control de la calidad del café producido en las fincas.

Las investigaciones sobre la broca del café buscan conocer los genes que le permiten a la broca sobrevivir y reproducirse alimentándose únicamente de café y por consiguiente, encontrar la forma de combatirla sin tener que recurrir al empleo de productos químicos. Esos resultados eventualmente pueden tener utilidad en procesos industriales del café.



La genómica del hongo biocontrolador *B. bassiana*, busca el conocimiento de los genes responsables por los mecanismos de patogenicidad del hongo sobre la broca y otras plagas, con el fin de obtener mejores aislamientos del hongo que eventualmente sean mas patogénicos, agresivos o virulentos sobre las plagas del café con especial énfasis en la broca.

Toda la información sobre las secuencias de genes se almacenan en bases de datos especializadas (bioinformática) que permiten el análisis de los genes y los estudios de genómica comparativa con otras especies (vegetales, insectos, hongos), para la identificación de genes haciendo mas económica la investigación.

En conjunto, el proyecto de genómica busca contribuir a la competitividad, sostenibilidad y menores costos en la producción del café, mediante la generación de nuevos conocimientos que en el futuro servirán para la obtención de variedades mejoradas en cuanto a su calidad, que puedan ser cosechadas más uniformemente y que sean resistentes a problemas fitosanitarios, reduciendo la necesidad de utilizar productos químicos para su control.

En el presente periodo, comenzó la evaluación agronómica de poblaciones utilizadas para elaborar un mapa genético del café y se hizo la genotipación de la población más polimórfica con 50 marcadores microsatélites. Se sembraron en almácigo las poblaciones desarrolladas para análisis de QTL por resistencia a roya, CBD, características de grano y rendimiento. Se obtuvieron secuencias génicas de 5.000 clones que constituyen genes candidatos con función putativa para café. Se analizaron introgresiones en un grupo de 78 líneas avanzadas del cruce de Caturra x Híbrido de Timor. Los niveles de introgresión en general son relativamente homogéneos, con un valor promedio de 35 marcadores por línea.

Se optimizaron las condiciones para la detección de secuencias de ADN sobre cromosomas de café, de utilidad para el futuro mapeo físico de genes. Se iniciaron los análisis moleculares en busca de marcadores potencialmente ligados a la resistencia incompleta a la roya del café.

Se profundizó en el entendimiento de la Interacción café-roya en la prospección de métodos de control amigables con el ambiente, en la caracterización de genes de resistencia en café y la determinación de su diversidad en el banco de germoplasma y mediante marcadores AFLPs la caracterización molecular de las razas de roya que se encuentran en el país.

Se obtuvo la secuencia genética de 1.252 clones de genes expresados en el tracto digestivo de la broca del café. Cinco de las secuencias identificadas corresponden a genes que la broca utiliza para causar el daño en el grano. Se detectó la presencia de una secuencia genética que le permitiría a la broca del café descomponer la cafeína presente en el grano

Se identificaron 14 secuencias inducidas cuando el hongo *B. bassiana* infecta a la broca, de las cuales se destaca una secuencia homóloga de proteasa involucrada en patogenicidad. Se desarrollaron librerías completas del hongo que crece en la broca y se inicio su secuenciación.

En el campo de Bioinformática, se implementó en los servidores de Cenicafé la plataforma desarrollada por el grupo SGN (Solanacea Genomics Network). Las bases de datos de Cenicafé han seguido creciendo en forma exponencial pasando de cerca de 5.000 secuencias de ADN que se tenían el año anterior a 20.000 en el presente año. La instalación de un Cluster de alto procesamiento compuesto por 4 servidores ha permitido acelerar los procesos de

análisis de datos del proyecto del Genoma de una forma significativa, reduciendo los tiempos de análisis como búsqueda de dominios de proteínas, edición y ensamblaje de secuencias, búsqueda de microsátélites, diseño de primers, visualización de grandes árboles filogenéticos, análisis de estructura genética poblacional, y algunas herramientas para visualización de proteínas.

Se continuó la búsqueda de resistencia a la broca en el germoplasma tanto en campo como en condiciones controladas.

Se está estudiando la variabilidad del cafeto en cuanto a la arquitectura, interceptación de la radiación y fotosíntesis y los resultados obtenidos indican que existe variación en la arquitectura dentro de la especie, que se asocia con la forma como se intercepta la radiación.

Se busca determinar la respuesta de la actividad fotosintética con relación a la humedad de varios suelos de la zona cafetera. La respuesta fotosintética de la hoja del cafeto presenta valores óptimos para potenciales del suelo de  $-2,0$  MPa a  $-4,0$  MPa, coincidentes con trabajos previos que indican que el óptimo fisiológico de la planta dista del valor de capacidad de campo del suelo, independiente de la condición física de este último.

Culminó el estudio bioquímico y molecular de la actividad de la enzima de carboxilación fotosintética Rubisco y su relación con el intercambio gaseoso. Se encontró una relación estrecha entre la actividad catalítica de la enzima y el intercambio gaseoso, lo que permite tener una herramienta para la selección temprana de genotipos por alta actividad fotosintética. Se corroboró la hipótesis de que "una vez la planta tenga la energía necesaria para producir las flores, es la dinámica de la humedad del suelo la que incide en la concentración o no de la floración".

Se desarrolló un algoritmo denominado AIFC que permite establecer criterios para la separación de frutos por su estado de maduración, basado en resultados obtenidos en procesamiento digital de imágenes. Como trabajo complementario, se diseñó y construyó un equipo para alimentar frutos de café en forma individual, a alta velocidad.

En la actualidad la industria cafetera colombiana, cuenta con un conjunto de prácticas de cultivo, desarrolladas a través de los años por Cenicafé, comprobadas a nivel científico y validadas por los caficultores que le permiten reclamar el concepto de ser una caficultura sostenible, con cero residuos ambientales. Es así como gracias a la tecnología de beneficio ecológico, los subproductos principales: pulpa y mucilago producidos durante el beneficio húmedo del café, pueden ser utilizados en forma útil por los caficultores en forma individual o agregada. El mucilago puro puede ser utilizado para la alimentación de animales domésticos (Avance Técnico 248). La mezcla de mucilago y pulpa puede ser utilizada para la producción de abono orgánico utilizando para ello la lombriz roja californiana (Avance Técnico 225). También los residuos orgánicos y de la zoca del cafetal pueden ser utilizados para la producción de hongos comestibles (Avance Técnico 285 y 287; y Boletín Técnico 27 y 28). Finalmente el último residuo que se produce fuera de las fincas cafeteras (el cisco) puede ser utilizado eficientemente para el secado del café en las fincas, con una considerable reducción en el precio del combustible utilizado en el secado por arroba de café equivalente a un 38% menos que en el caso del carbón hulla tomado como una opción favorable en la actualidad, considerando el costo de otros combustibles fósiles. De esta manera los caficultores colombianos pueden mostrar ante la comunidad nacional e internacional su contribución a la preservación del medio ambiente con un sector productivo que le

da valor agregado a los residuos y no vierte al sistema residuos contaminantes.

### Sistemas de Producción Complementarios

Se registraron los híbridos de maíz blanco HEZC3051, HEZC3054 y HEZC3056 como nuevos materiales mejorados para la zona cafetera colombiana, de los cuales se espera producir semilla para el 2006 de 25 toneladas del HEZC3056 y 7 del HEZC3054. Poseen resistencia a *Cercospora* y a la mancha de asfalto. De los materiales amarillos se está multiplicando la semilla de los parentales para iniciar las pruebas de eficiencia.

Se obtuvo respuesta del maíz a la aplicación de enmiendas y de elementos menores. Se encontró respuesta significativa a la aplicación de yeso agrícola (500kg/ha) un mes antes de la siembra del maíz y a la de magnesio (20kg/ha de sulfato de magnesio). Los híbridos blancos HEZC3054 y HEZC3056 con 90kg/ha, 120kg/ha y 150kg/ha de nitrógeno, responden bien a la fertilización nitrogenada con producciones por encima de 8 t/ha. Se observó respuesta a la densidad de siembra, por tanto, los dos híbridos son aptos para intercalar con café (50.000 plantas/ha) o para unicultivo (62.500 plantas/ha), de tal manera que 100 kg de N/ha son suficientes para sembrar maíz intercalado y 150kg de N/ha cuando se siembre como unicultivo.

Se obtuvieron los primeros modelos de crecimiento y fenología de naranja Valencia para la zona central cafetera y el suroeste antioqueño. Se continuó con el estudio de especies hortícolas en condiciones semicontroladas bajo cubiertas plásticas. Se demostró la viabilidad para la obtención de tomate tipo chonto y milano (larga vida), habichuela, pimentón, ají y pepino cohombro. Adicionalmente para la zona marginal cafetera alta (>2.000msnm), se tienen resultados para brócoli, coliflor y lechuga.

Se entregó un modelo computacional en su primera versión, para estimar el crecimiento y captura de carbono por especies forestales nativas e introducidas en el trópico "CREFT", co-financiado por el Ministerio de Agricultura y co-desarrollado con "CONIF". Esta herramienta puede incorporarse como metodología para la formulación y monitoreo de proyectos forestales del Mecanismo de Desarrollo Limpio del protocolo de Kyoto.

Se identificaron micorrizas arbusculares (MA), en 15 hospedantes confirmándose que las especies *Acaulospora mellea*, *A. morrowiae*, *A. scrobiculata*, *A. denticulata* y *Entrophospora colombiana* fueron las especies predominantes. La asociación de mezclas de especies de MA (inóculo comercial) mostró ser una tecnología importante para la producción de plantas de guayacán libres de nematodos y de patógenos radicales.

Se desarrollaron investigaciones en cítricos especialmente mandarina clementina en cuanto a su adaptación y productividad, en passifloras, en la respuesta de materiales de macadamia en sitios específicos y en lo relacionado con especies forestales se están desarrollando ensayo de procedencias y progenies de *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea*, la conservación de recursos genéticos en la región andina colombiana, la silvicultura de especies forestales tropicales de alto valor comercial para la reforestación industrial, la evaluación de la diversidad genética de forestales en la zona cafetera colombiana, el desarrollo de modelos sostenibles de manejo silvicultural y producción de las especies de interés para el fortalecimiento de la actividad forestal en la cuenca del río Chinchiná, la conservación de la calidad de la semilla de 7 especies forestales nativas, bajo condiciones de almacenamiento.

El Proyecto de Normalización de frutas y hortalizas tuvo resultados destacables como el análisis y evaluación de los sistemas de

empaques, la determinación de las propiedades físico - mecánicas de las diferentes frutas estudiadas, Para la estructuración del proyecto de norma de empaque se realizó un análisis detallado de las normas vigentes, con base en esta información se efectuaron ajustes al contenido de la norma, con el fin de actualizar y suministrar al usuario la información necesaria y confiable, que a su vez facilite el proceso de toma de decisión, con relación al objeto de la Norma Técnica.

Como resultado, el país, por primera vez, cuenta con Normas sustentadas en resultados de investigación que serán de gran utilidad a todos los grupos vinculados con las cadenas productivas de: lulo de Castilla (*Solanum quitoense* Lam), mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth), mangos criollos (*Mangifera indica* L.), pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw) y uchuva (*Physalis peruviana* L.)

### **Divulgación y Transferencia de Tecnología**

Durante el año cafetero 2004-2005 se atendieron 3.934 visitantes en la sede principal en Chinchiná, de los cuales 1.574 caficultores, 180 profesionales del Servicio de Extensión, 1.999 estudiantes universitarios y 311 particulares. Se destaca especialmente la visita de caficultores, dirigentes y extensionistas de los departamentos de Cundinamarca y Risaralda. En las subestaciones experimentales se atendieron 4.945 visitantes en 127 giras, principalmente de caficultores y empleados del Servicio de Extensión.

Se publicaron 4 números de la Revista Cenicafé correspondientes a los volúmenes 55 (3 y 4) y 56 (1 y 2), con un total de 24 artículos científicos. El Boletín Técnico No 27 "Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sp"; 12 Avances Técnicos: 328 al 339, las Biocartas 4, 5, y 6, y tres libros con resultados obtenidos en Cenicafé. Entre ellos destacamos el libro "Mariposas Diurnas

de la zona Central Cafetera Colombiana" Se distribuyeron 181.900 ejemplares de la publicación Avances Técnicos, 15.010 de la Revista Cenicafé y 2.595 del Boletín Técnico No 27, entre otras.

Se han registrado 338.162 consultas al portal de Cenicafé ([www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org)) desde 9.101 computadores diferentes. Se registraron 2.040 usuarios en el presente año cafetero, de los cuales el mayor porcentaje, 28,03% son estudiantes, 19,21% profesionales agrícolas, 12,8% agricultores y 10,68% extensionistas. El Centro de Documentación registro 3.318 consultas de su base de datos a través de Internet.

Se entregó al Programa e-learning de la Federación administrado por la Fundación Manuel Mejía el curso "El suelo: formación, fertilidad y conservación", completándose el Nivel 1 de la estructura curricular y se comenzó la planeación y construcción de dos cursos del Nivel 2 sobre Tecnología de Producción denominados: "Genética y variedades de café" y "Administración de cafetales"

### **Registro**

Durante el año 2005, el Dr. Gonzalo Roa Mejía, quien durante mas de 21 años prestó sus servicios como investigador en la Disciplina de Ingeniería Agrícola se retiró para disfrutar de su jubilación. El Dr. Roa lideró investigaciones en el campo del secado del café, el beneficio ecológico y la cosecha del café. Sus contribuciones han sido de gran impacto para el desarrollo de nuestra caficultura, ya que contribuyeron a la economía, a la calidad y a la preservación del medio ambiente. El Dr. Roa lideró por varios años la Disciplina de Ingeniería Agrícola, fue Coordinador del Programa de Poscosecha y fue también reconocido a nivel nacional e internacional por sus contribuciones científicas. Fue el líder del equipo que recibió el Premio Nacional de

Ecología "Planeta Azul" en el año 1997. En el año 2000 fue galardonado en compañía de los demás investigadores de Ingeniería Agrícola con la Mención de Honor del Premio de Ciencias en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible de la Fundación Alejandro Angel Escobar. También participó en Expo 2000-Hannover con el proyecto "An environmentally Sound Method of Coffee Fruit Processing: the New Technology "Bècolsub". Autor de numerosas publicaciones científicas y orientador de un número considerable de profesionales y estudiantes universitarios quienes bajo su liderazgo se formaron como investigadores y técnicos al servicio de la caficultura nacional.

También debemos registrar el retiro por jubilación del Dr. Luis Carlos Carmona, quien prestó sus servicios a la Federación durante 22 años. El Dr. Carmona se desempeñó en los últimos doce años como Jefe del Departamento de Servicios Administrativos de Cenicafé. Su desempeño en este importante cargo, fue fundamental para el desarrollo de las actividades propias del Centro. A su consagración, honestidad y espíritu de servicio se debe la organización del Centro en materia contable que le permite a Cenicafe el cumplimiento de todos los requisitos en esa materia tanto con la Federación como con un gran número de entidades nacionales e internacionales cofinanciadoras de proyectos de investigación. Su contribución al desarrollo de Cenicafé como un Centro de excelencia será siempre reconocida y apreciada.

El Ingeniero Agrónomo José Darío Arias, quien se desempeñó durante 18 años como investigador en el área de experimentación regional y estuvo administrando varias de las subestaciones experimentales del Centro, se retiró del servicio de la Federación a partir del mes de Octubre de 2005.

El Ingeniero Agrícola Juan Carlos Vélez Z, se retiró de Cenicafé después de 9 años

durante los cuales realizó investigaciones fundamentales para el entendimiento del proceso de la cosecha manual del café en nuestro país así como en la propuesta de un sistema mejorado de recolección. También el Ing. Vélez se destacó por su interés en la transferencia de tecnología en trabajo conjunto con caficultores y extensionistas.

Lamentamos registrar el fallecimiento de dos eminentes investigadoras de Cenicafé. La Dra. Lucía Gómez Gómez quien fuera una importante investigadora en el área de Agroclimatología y la Dra. Lucelly Orozco Gallego, destacada investigadora en el campo de la Biometría. A sus familiares y amigos, hacemos llegar nuestras expresiones de condolencia.

### Reconocimientos a Cenicafe

La Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia –ACAC, otorgó al Dr. Alex E. Bustillo P, Investigador Principal de la Disciplina de Entomología, el **Premio Nacional al Mérito Científico, en la Categoría de Investigador de Excelencia**, por sus contribuciones científicas especialmente en el campo del control biológico de plagas y la formación de nuevos profesionales.

La Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines –ASCOLFI, otorgó el **Premio Nacional de Fitopatología "Rafael Obregón" Categoría Profesional** al trabajo titulado "Actividad antifúngica de metabolitos del biocontrolador *Beauveria bassiana* sobre la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*)" realizado por los investigadores de la Disciplina de Fitopatología de Cenicafe Jorge W. Arboleda y Alvaro L. Gaitán B.

**Gabriel Cadena Gómez**  
**Director**

Chinchiná, Noviembre 11 de 2005



# Productividad agronómica

## I. Agroclimatología

Los avances más importantes en la vigencia del año cafetero octubre de 2004 – septiembre de 2005 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.**

Estuvieron en funcionamiento 222 estaciones que componen la red meteorológica de la FNC, discriminadas por categorías de la siguiente manera: 56 estaciones climatológicas principales, 9 estaciones heliopluiográficas, 1 estación heliográfica, 7 estaciones pluviográficas y

149 estaciones pluviométricas. Se realizaron 131 visitas mediante las cuales se inspeccionó la totalidad de la red y cada estación se visitó como mínimo una vez al año. El manejo se realizó a través de 131 visitas de supervisión, con lo cual la totalidad de la red fue inspeccionada como mínimo una vez al año y se registró la información de manera completa y confiable.

En las estaciones meteorológicas se registraron, revisaron y procesaron las temperaturas (media, mínima y máxima) y la humedad relativa hasta el mes de julio de 2005. El brillo solar está evaluado y digitado en un 50% hasta el mes de diciembre de 2004, y los registros pluviométricos de 149 estaciones se encuentran al día. El Anuario Meteorológico Cafetero del año 2003 se entregó y se editó en febrero de 2005.

En el programa de ampliación de la cobertura de la red meteorológica de la FNC, se lograron los siguientes avances :

- Se instalaron dos nuevas estaciones pluviométricas en el departamento de Caldas, en la finca El Jardín en el área cafetera del municipio de Pensilvania y en la finca La Palmita en Risaralda.
- Se trasladaron las estaciones pluviométricas La Danta y Palocabildo, en los municipios de Casabianca y Falan, respectivamente, en el departamento del Tolima.
- La estación heliopluiográfica El Tocuy (Villarica) pasó a la categoría de climatológica principal mientras que la climatológica principal Altamira (Planadas) se pasó a la categoría de heliopluiográfica, ambas situadas en el departamento del Tolima.
- Se instaló una nueva estación pluviométrica en la finca La Alemania en San Antonio, Tolima.

- Con la colaboración del Comité Departamental de Cafeteros del Tolima se seleccionó en zona cafetera del municipio de Chaparral el sitio para instalar una nueva estación climatológica principal.

- Con el apoyo del Comité Departamental de Cafeteros de Santander y en convenio con el IDEAM se instaló una estación agrometeorológica principal automática en la Subestación Experimental San Antonio en Floridablanca (Santander), en donde funciona una estación climatológica principal de la FNC.

### **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 digitalizaron de los mapas de estaciones meteorológicas, a través del programa ILWIS, las isolíneas de las variables del clima.

Así mismo se desarrollaron los informes finales para los ecotopos 101B, 104B, 105B y 204A, en el departamento de Antioquia. Estos resultados son una herramienta para orientar la planificación de labores como la preparación de los suelos, las siembras y las fertilizaciones, entre otros, y permiten de acuerdo con los suelos analizar la disponibilidad de agua para el cultivo de café, especialmente durante su ciclo productivo.

Dentro del Proyecto de Cafés Especiales, se realizó la digitalización de la cartografía básica (escala 1:100.000) y sobre ésta se delimitaron los ecotopos 401, 402, 403, en la Sierra Nevada de Santa Marta. Además, se verificaron y complementaron las series de temperatura media, temperatura mínima, temperatura máxima, brillo solar y humedad

relativa, mensualmente, mediante el método gráfico y de regresiones.

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

**Lluvia máxima diaria en la zona cafetera de Colombia. ACL-7-4.** Se procesó la información de lluvia diaria de 167 estaciones localizadas en los Andes de Colombia entre  $01^{\circ} 15'$  y  $10^{\circ} 25'$  de latitud norte y  $72^{\circ} 37'$  a  $77^{\circ} 29'$  de longitud oeste, con altitudes comprendidas entre 380 y 2.120 metros.

Los registros de la mayor cantidad de lluvia máxima absoluta en 24 horas fueron de: 269mm en la estación Francisco Romero ubicada en el municipio de Salazar(Norte de Santander) el 16 de mayo de 1970, distribuida en 55,6mm durante el día y 213,4mm en la noche; 250mm en la estación Maringá en Acacías (Meta), en junio 30 de 1997; 219mm en la estación Villanueva en Charalá (Santander), el 10 de octubre de 1969, y 200mm en las estaciones La Montaña en Dolores (Tolima) el 16 de septiembre de 1975, durante la noche, y La Mesa en Mariquita (Tolima), el 17 de abril de 1987.

El comportamiento de la lluvia máxima en 24 horas en relación con la altitud de la zona Andina de Colombia presenta relaciones de tipo cuadrático, con coeficientes de determinación ( $R^2$ ) que varían entre 0,71 para la media de la lluvia máxima absoluta y 0,84 para la lluvia máxima media.

## II. Suelos y Nutrición

**Disponibilidad de nutrimentos en la fase líquida del suelo, en suelos cultivados con café. SUE 0309.** Con el fin de estudiar la dinámica de los iones en el sistema suelo - planta, se desarrolló un experimento en

parcelas con diferentes tratamientos de fertilización. Actualmente se está analizando la concentración de cationes y aniones en el agua gravitacional, en la solución del suelo, en el agua de escorrentía y en el complejo de intercambio iónico, y en la planta los contenidos en el tejido foliar.

- **Estimación de pérdidas de iones por escorrentía.** El volumen de agua de escorrentía colectada varió entre el 6 y el 8% de la lluvia total, considerada baja en relación con la precipitación, debido a la alta captación de la lluvia por el cultivo de café y a la retención del agua por las coberturas rastreras. Con los datos obtenidos sólo pueden realizarse comparaciones debido al poco tamaño de las parcelas estudiadas ( $1,5m^2$ ) y su corta pendiente; por tanto, la información no puede extrapolarse a lo que ocurre en una vertiente extensa donde las pérdidas pueden ser mayores por unidad de área, ya que el volumen de la escorrentía es mayor y el agua puede desplazarse a mayor velocidad.

En la Tabla 1, se presenta la concentración media de los iones  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $Cl^-$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_2^-$ ,  $NO_3^-$  y  $SO_4^{2-}$  en las aguas de escorrentía. Según el análisis de varianza al 0,05%, no hubo efectos significativos de los tratamientos para ninguno de los elementos evaluados. Los iones que se pierden con mayor facilidad por escorrentía son el potasio y nitrato, de los cuales se observa un leve incremento en la concentración en las aguas colectadas en las parcelas fertilizadas comparadas con aquellas no fertilizadas, lo cual indica que hubo arrastre del elemento proveniente de la fertilización, aunque en cantidades muy bajas.

- **Solución del suelo.** La solución del suelo refleja los iones disponibles al momento de realizar el muestreo. Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos, la concentración de los



iones potasio y nitratos presentaron en general una tendencia a incrementarse con el aumento de la dosis de fertilizante aplicado. La mayor concentración de iones ocurrió entre los 21 y 49 días después de la fertilización (Tablas 2 y 3); después de 105 días, la concentración de iones en la solución del suelo fue similar a la encontrada antes de la aplicación del fertilizante. Sin embargo, no todos los tratamientos mostraron incrementos en la concentración de los iones  $K^+$  y  $NO_3^-$ , en el mismo período, lo cual indica que la solución del suelo es un componente dinámico, que cambia fácilmente por variaciones en los procesos biológicos, físicos y químicos, que ocurren en la interfase sólido - líquido.

- **Agua libre o gravitacional.** Las pérdidas por lixiviación se estimaron asumiendo que cada lisímetro intercepta el agua libre sobre una superficie de  $268\text{cm}^2$ . Teniendo en cuenta la concentración de los iones y el volumen de agua recolectado, se estimó la pérdida acumulada de iones por cada tratamiento (Tabla 4). Se observó una alta variación tanto en la composición química de la solución del suelo como en los flujos de

percolación de agua, causadas posiblemente por la heterogeneidad en la cobertura vegetal, cambios en el microrelieve y por la variabilidad de las propiedades del suelo.

Considerando la cantidad de nutrimentos que se movilizan en las aguas libres, las pérdidas de fertilizantes por lixiviación fueron muy bajas; éstas dependen directamente del volumen de agua percolada que resultó ser muy bajo, debido posiblemente a la alta capacidad de retención de humedad del suelo y al efecto de las coberturas. El ion que se perdió con mayor facilidad fue el  $NO_3^-$ , y los valores perdidos variaron de acuerdo con la dosis de fertilizante nitrogenado aplicado y con el volumen de agua colectada.

### Efecto del magnesio en la producción y calidad del café. SUE 0310.

Desde el año 2000 se viene evaluando el efecto de 10 tratamientos a base de magnesio (Mg) sobre la producción de café en las subestaciones de experimentación Naranjal, El Rosario, El Tambo, Líbano y La Catalina (Tabla 5). Se aplicaron dos dosis de magnesio: 30 y 60kg/ha/año, en cuatro

**Tabla 1.** Concentración media de iones en las aguas de escorrentía luego de la fertilización con N y  $K_2O$  (Promedios de seis muestreos).

Tratamiento	Dosis $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ año <sup>-1</sup>	Concentración de iones ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ )								
		N	$K_2O$	$Ca^{2+}$	$K^+$	$Mg^{2+}$	$Na^+$	Cl <sup>-</sup>	$NH_4^+$	$NO_3^-$
1	0	0	1,19	4,18	0,59	0,34	1,03	1,44	4,58	1,70
2	0	150	1,32	6,56	0,58	0,38	1,10	2,29	8,02	1,90
3	0	300	1,21	4,19	0,55	0,31	1,39	1,59	3,28	1,42
4	150	0	0,98	4,44	0,41	0,23	1,22	1,41	7,03	1,33
5	150	150	1,12	7,38	0,47	0,31	2,65	1,22	8,23	1,77
6	150	300	1,35	3,68	0,47	0,27	0,74	1,37	5,11	1,31
7	300	0	1,14	5,07	0,61	0,54	0,91	1,06	7,41	1,31
8	300	150	1,16	4,14	0,49	0,29	0,87	1,24	5,01	1,32
9	300	300	1,20	5,07	0,55	0,20	1,30	1,65	7,22	1,70
10	0	0	1,32	3,89	0,71	0,32	0,94	1,42	4,66	1,77

**Tabla 2.** Promedio de la concentración de iones en la solución del suelo, 21 días después de la fertilización con N y K<sub>2</sub>O.

Tratamiento	Dosis kg.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	Concentración de iones (mg.L <sup>-1</sup> )								
		N	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sup>4+</sup>	NO <sup>3-</sup>
1	0	0	1,06	0,66	0,13	0,67	0,55	0,27	4,10	1,68
2	0	150	3,33	8,80	0,43	1,50	15,66	0,73	7,17	2,63
3	0	300	3,25	11,82	0,46	2,69	9,35	0,82	25,60	2,28
4	150	0	11,84	1,69	1,42	1,16	0,77	0,30	65,55	1,28
5	150	150	2,92	3,89	0,45	0,48	2,68	0,14	22,31	0,90
6	150	300	13,97	7,11	0,67	1,24	16,89	0,39	59,69	1,61
7	300	0	13,54	0,93	1,76	1,77	1,10	0,53	60,87	2,30
8	300	150	14,83	10,54	1,54	2,29	5,51	0,65	136,76	2,76
9	300	300	5,93	15,22	0,66	2,51	8,17	0,39	68,13	0,55
10	0	0	1,47	0,34	0,18	0,88	1,37	0,89	1,82	2,54

**Tabla 3.** Promedio de la concentración de iones en la solución del suelo, 49 días después de la fertilización con N y K<sub>2</sub>O.

Tratamiento	Dosis kg.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	Concentración de iones (mg.L <sup>-1</sup> )								
		N	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sup>4+</sup>	NO <sup>3-</sup>
1	0	0	1,44	0,60	0,14	0,33	0,22	0,33	6,72	1,79
2	0	150	2,28	1,85	0,30	1,06	2,95	1,06	1,14	2,51
3	0	300	2,90	18,61	0,51	1,52	25,01	1,52	3,81	0,88
4	150	0	5,99	0,67	0,58	0,75	0,58	0,75	33,27	2,11
5	150	150	1,47	0,71	0,08	0,35	0,89	0,35	6,58	1,76
6	150	300	3,49	1,91	0,16	0,77	4,45	0,77	14,06	1,33
7	300	0	4,11	0,71	0,28	0,54	0,84	0,54	63,58	1,30
8	300	150	5,84	2,06	0,37	1,02	4,73	1,02	85,50	0,93
9	300	300	2,90	6,30	0,63	0,93	18,80	0,93	56,86	1,39
10	0	0	1,49	0,33	0,19	0,58	0,53	0,58	1,70	3,23

frecuencias, empleando como fuente óxido de magnesio. Las frecuencias fueron: sólo en el primer año (tratamientos 1 y 7), sólo en el segundo año (tratamientos 2 y 8), en los primeros dos años (tratamientos 5 y 9) y en los tres años posteriores a la siembra (tratamientos 6 y 10). Adicionalmente, se tuvo en cuenta un testigo relativo sin aportes de magnesio (tratamiento 2) y un testigo absoluto sin fertilización (tratamiento 1).

En el período de este informe finalizó el experimento después de evaluar tres cosechas. No se encontraron efectos significativos del suministro de magnesio sobre la producción de café en ninguna de las localidades. La producción de café en cereza del testigo absoluto fue la más baja, indicando así la importancia de la fertilización del cafetal, especialmente con nitrógeno y potasio. En la Figura 1 pueden observarse los promedios

**Tabla 4.** Pérdida acumulada de iones en las aguas libres durante seis meses, en parcelas con diferentes niveles de fertilización.

Tratamiento	Dosis kg.ha <sup>-1</sup> .año <sup>-1</sup>	Concentración de iones (mg.L <sup>-1</sup> )								
		N	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NH <sup>4+</sup>	NO <sup>3-</sup>
1	0	0	0,28	0,11	0,02	0,10	0,06	0,02	1,47	0,17
2	0	150	0,90	0,57	0,08	0,17	0,62	0,02	3,57	0,98
3	0	300	0,40	0,36	0,04	0,10	0,46	0,01	2,79	0,17
4	150	0	2,82	1,26	0,66	0,51	0,91	0,08	30,81	3,06
5	150	150	1,03	0,74	0,14	0,47	1,79	0,04	10,67	0,37
6	150	300	0,25	0,16	0,04	0,06	0,15	0,02	1,43	0,05
7	300	0	0,80	0,25	0,15	0,15	0,12	0,02	3,76	0,92
8	300	150	1,33	0,38	0,09	0,22	1,04	0,05	4,78	0,43
9	300	300	1,01	1,01	0,09	0,18	2,24	0,03	4,89	0,28
10	0	0	0,79	0,67	0,15	0,16	0,29	0,07	2,60	1,06

**Tabla 5.** Descripción de los tratamientos de fertilización a base de magnesio.

Tratamientos	Dosis de Mg (kg/ha/año)		
	Año 1	Año 2	Año 3
1 - Testigo absoluto	0	0	0
2 - Testigo relativo	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

de producción de café cereza obtenidos en la última cosecha.

### Efecto de la fertilización con calcio en la producción y calidad del café. SUE 0313.

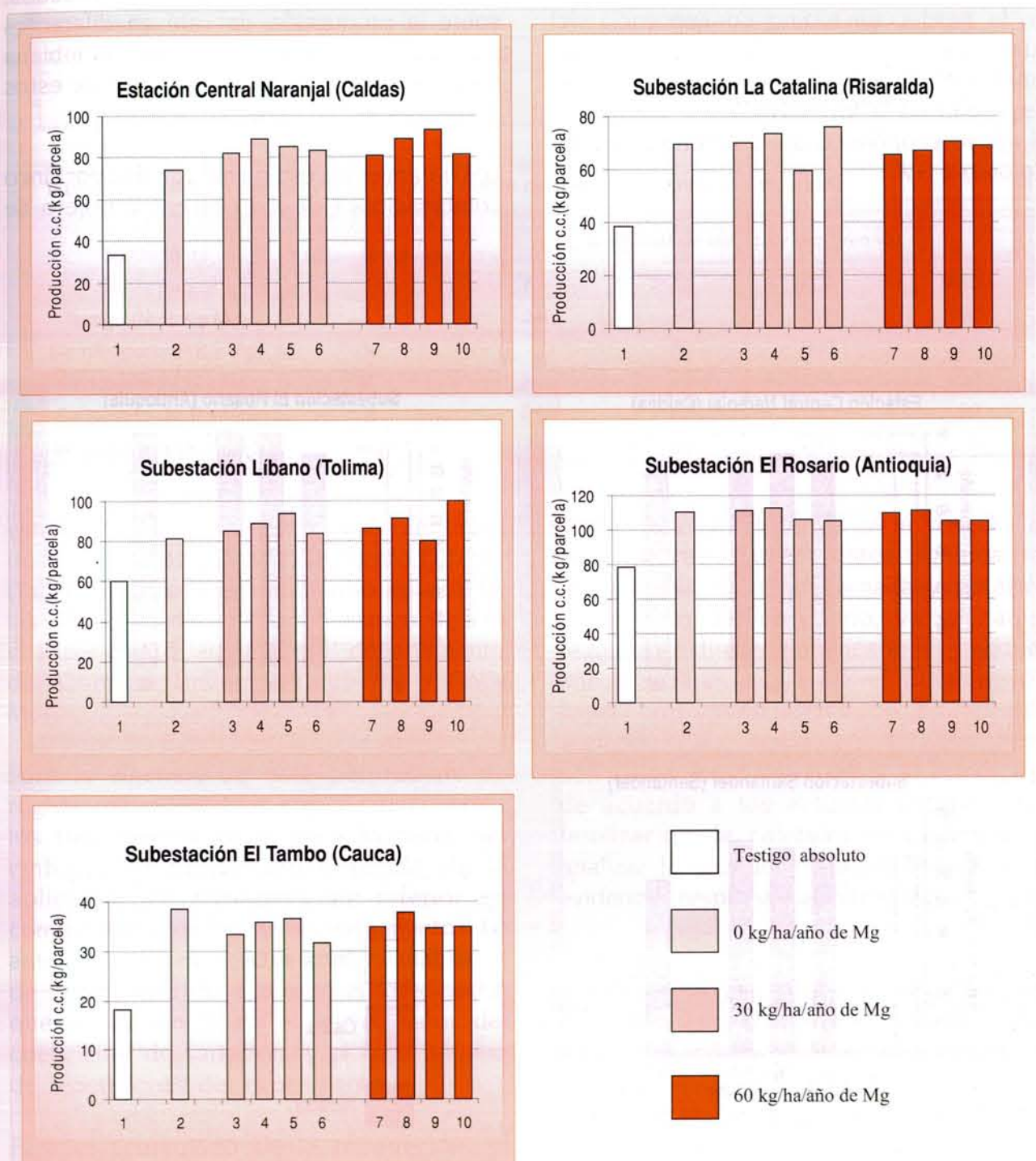
El experimento finalizó en este período, y tuvo como objetivo determinar el efecto de la aplicación de calcio soluble sobre la producción y calidad del café. Se evaluaron cinco tratamientos: un testigo relativo sin aportes de calcio, tres dosis de calcio (48,

96 y 192kg de CaO/ha/año) aplicados en forma de Nitrabor (fuente soluble de calcio con 26% de CaO y 15% de N), y un testigo de referencia constituido por la aplicación de 192kg de CaO/ha/año, en forma de cal agrícola (fuente de baja solubilidad con 50% de CaO). En todos los tratamientos, la fertilización con nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio se llevó a cabo con base en los resultados de los análisis de suelos.

En la Tabla 6 se describen los tratamientos evaluados, especificando la cantidad suministrada de calcio elemental (Ca), óxido de calcio

(CaO), Nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ), nitrógeno y producto comercial.

Durante este período, el experimento estuvo vigente en la Estación Central Naranjal y las Subestaciones El Rosario y Santander.



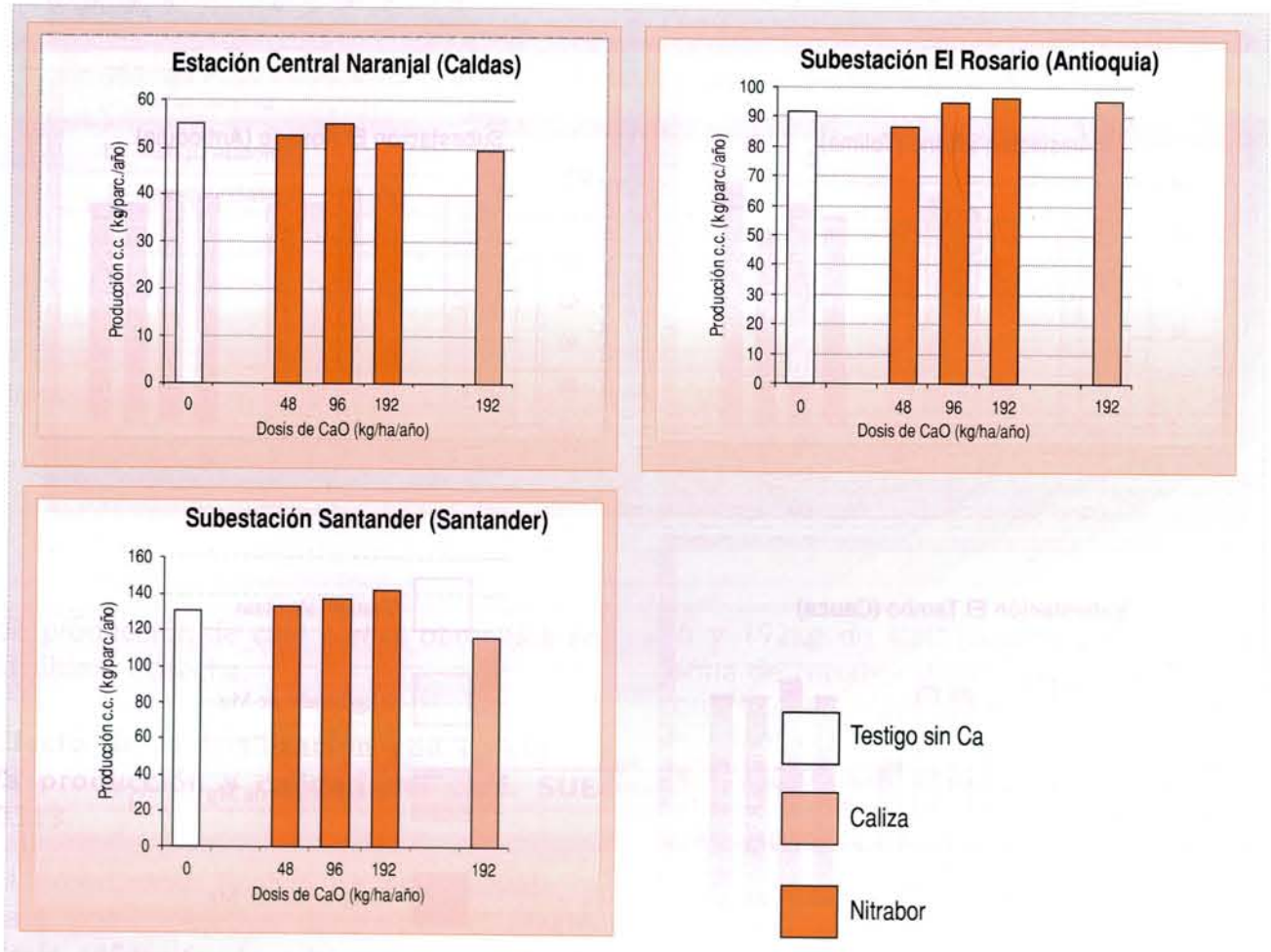
**Figura 1.** Efecto de la fertilización con magnesio sobre la producción de café cereza en cinco localidades de la zona cafetera colombiana.

La aplicación de calcio no tuvo efectos significativos sobre la producción de café cereza en la última cosecha (Figura 2). Cabe resaltar que para el acumulado de cuatro cosechas evaluadas en Santander y tres cosechas en la Subestación Paraguaicito (finalizado en 2003), sí se registraron incrementos en la producción como consecuencia del suministro de calcio soluble, cuando se emplea el Nitrabor en dosis media. Para el desarrollo de la investigación se contó con el apoyo económico de la empresa Yara de Colombia S.A.

### Determinación de los niveles críticos de nutrientes para el cultivo de café en suelos de la zona cafetera. SUE 0318.

Se busca determinar el efecto del nitrógeno, el fósforo, el potasio y el magnesio aplicados, sobre la producción de café en diferentes localidades de la zona cafetera colombiana y su relación con la disponibilidad de estos nutrientes en el suelo.

Los tratamientos están configurados por cinco combinaciones de los elementos objeto de



**Figura 2.** Efecto de la fertilización con calcio sobre la producción de café cereza en tres localidades de la zona cafetera colombiana.

**Tabla 6.** Tratamientos de fertilización con calcio evaluados en el experimento.

Tratamiento	Cantidad aportado (kg/ha/año)				
	Ca	CaO	Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	N	Producto comercial
Testigo relativo	0	0	0	0	0
Nitrabor	34,3	48	180	27,9	184,6
Nitrabor	68,6	96	360	55,8	369,2
Nitrabor	137,2	192	720	111,6	738,5
Caliza (cal agrícola)	137,2	192	0	0	384,0

**Tabla 7.** Tratamientos para la evaluación de los niveles críticos de los nutrientes en el café.

Tratamiento	Elemento faltante	Cantidad de nutriente (kg/ha/año)			
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO
Testigo (N, P, K y Mg)	-	240	80	240	60
Sin nitrógeno (P, K y Mg)	N	0	80	240	60
Sin fósforo (N, K y Mg)	P	240	0	240	60
Sin potasio (N, P y Mg)	K	240	80	0	60
Sin magnesio (N, P y K)	Mg	240	80	240	0

estudio, así: uno con los cuatro nutrientes (testigo), y cuatro con un elemento faltante (Tabla 7). En este período, sólo en dos de las 37 localidades evaluadas, estuvo vigente el experimento; ambas en el departamento del Quindío: fincas San Alberto y finca Mónaco.

Para la vigencia de este período no se registraron diferencias significativas entre los tratamientos en la finca Mónaco. Sin embargo, la producción obtenida sin la aplicación de nitrógeno fue inferior en comparación con los demás tratamientos. Lo anterior se relacionó con la alta variabilidad de la fertilidad del suelo en el lote, hecho que se evidencia en el mayor valor del coeficiente de variación, y el bajo número de repeticiones del experimento.

Para el acumulado de la producción, el tratamiento sin nitrógeno presentó el menor promedio y se diferenció estadísticamente de testigo y el tratamiento sin fósforo.

En la finca San Alberto, en la cosecha de 2004, se registraron efectos significativos de la fertilización nitrogenada y potásica. En el caso del nitrógeno, ya se habían registrado diferencias desde el segundo año, mientras que para el potasio sólo se encontró respuesta en el último ciclo evaluado. Cabe aclarar que en este predio son bajos los niveles de K (0,2cmolc/kg), de acuerdo a los actuales criterios para fertilización de cafetales en Colombia. Al analizar la producción acumulada sólo se evidenció respuesta al nitrógeno.

Con relación a lo anterior y teniendo en cuenta la producción acumulada de cuatro cosechas, el rendimiento en la finca San Alberto disminuyó en un 25% cuando se dejó de aplicar N, mientras que para la finca Mónaco la reducción fue del 49%. La diferencia en mención se debe a la mayor disponibilidad de N en San Alberto, como resultado de altos contenidos de materia orgánica (MO), la cual constituye la principal

fuentes de este elemento en los suelos de la zona cafetera colombiana.

En la Figura 3 se resume la información correspondiente a la producción en arrobas de café pergamino seco (c.p.s.) por hectárea, para la cosecha del año 2004 y el promedio de los cuatro ciclos productivos.

### Comparación de varias fuentes fertilizantes en la producción y calidad del café. SUE 0320.

Se buscó en esta investigación, que contó con el apoyo financiero de la empresa SQM, evaluar la factibilidad económica de la utilización del nitrato de potasio para la producción de café en Colombia. El

estudio se inició en el año 2001 y finalizó con la cosecha obtenida en el 2004. Los tratamientos incluyeron un testigo relativo con 240kg/ha/año de N y de  $K_2O$ , y 80kg/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 8). Los experimentos se realizaron en las fincas Calamar y La Siria, ubicadas en los municipios de Chinchiná (Caldas) y Quimbaya (Quindío), respectivamente.

Para la cosecha del año 2004, en la finca Calamar, se observó que la producción registrada en el Tratamiento 3 fue

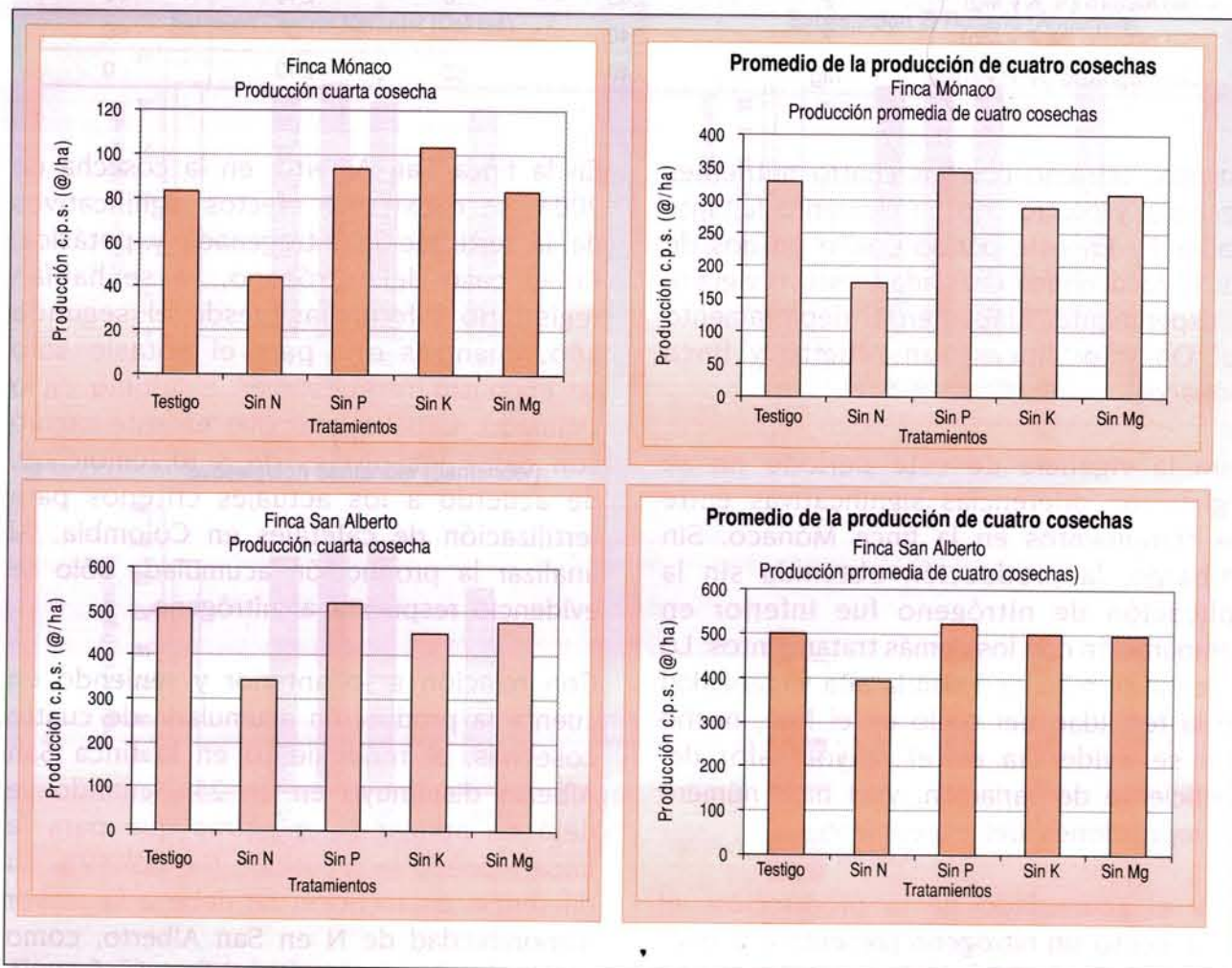


Figura 3. Producción de café pergamino seco para la cuarta cosecha y el promedio de cuatro cosechas (2001 – 2004) en las fincas Mónaco y San Alberto (Quindío).

estadísticamente superior a los Tratamientos 2 y 6. Es de resaltar, que la producción con la mezcla convencional de urea-DAP-KCl fue estadísticamente igual al promedio con el Tratamiento 3.

En la finca La Siria, para este período de estudio, no se encontraron diferencias significativas entre los promedios de producción de los tratamientos; comportamiento similar al de la producción acumulada durante los años 2001 y 2004.

En la Figura 4 pueden observarse las producciones de café cereza obtenidas por parcela experimental en el año 2004, en las fincas Calamar y La Siria.

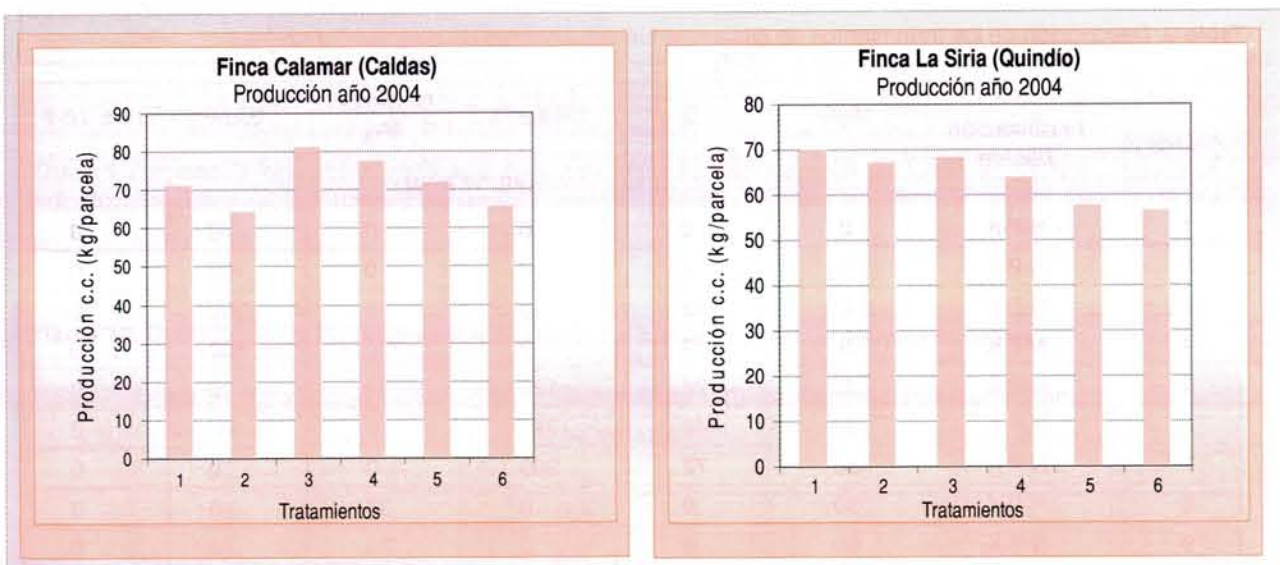
### Efecto de fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café. SUE 0321.

En esta investigación se está evaluando el efecto del magnesio (Mg) y el azufre (S) sobre la producción y la calidad del café. Para su desarrollo se cuenta con el apoyo

**Tabla 8.** Descripción de los tratamientos para la comparación de varias fuentes fertilizantes en la producción de café.

Tratamientos	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Urea-DAP-KCl	NSP	Ultramix
				(% de la mezcla)	(15-0-14)	(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<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O, actualmente recomendada.



**Figura 4.** Promedio de las producciones de café cereza obtenidas por parcela experimental en el año 2004, en las fincas Calamar y La Siria.



económico de las empresas Kali Und Salz y Monómeros Colombo-Venezolanos. En la Tabla 9 se describen los 11 tratamientos evaluados: 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 en combinación con azufre en forma de Kieserita (Tto 5, 6 y 7, 9), tres dosis de magnesio suministradas como óxido (Tto 8, 9 y 10), y el fertilizante 17-6-18-2 (Tto 11).

Desde el año 2001, el experimento está instalado en La Estación Central Naranjal y en las Subestaciones La Catalina y Santander.

Hasta el momento, el suministro de azufre y/o de magnesio no ha incrementado la producción de café en ninguna de las Estaciones Experimentales (Figura 5).

### **Efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad del café. SUE 0322.**

Mediante la realización de este experimento se buscó determinar el efecto de dos fuentes y tres dosis de potasio sobre la producción

y la calidad de café. En diciembre 2004 finalizaron las evaluaciones en el campo. Los tratamientos consistieron en la aplicación de 100, 200 y 400kg de  $K_2O$ /ha/año en forma de cloruro de potasio KCl (60% de  $K_2O$ ) y de sulfato de potasio (50% de  $K_2O$ ); además se contó con un testigo relativo sin fertilización potásica (Tabla 10).

Los campos experimentales se localizaron en las fincas Calamar (municipio de Chinchiná - departamento de Caldas) y La Siria (municipio de Quimbaya - departamento de Quindío). El trabajo cuenta con financiación de la empresa Kali Und Salz-Sopib.

En la finca Calamar, no hubo diferencias significativas de los promedios de producción alcanzados con las dos fuentes de potasio evaluadas, ni en la última cosecha ni en el acumulado de la producción. No obstante, en la cuarta cosecha se registró efecto de los tratamientos a un nivel de significancia del 6%, sin que fuera muy claro el comportamiento de la respuesta.

En la finca La Siria al igual que Calamar, el promedio de la producción de café cereza obtenida con las dos fuentes fue

**Tabla 9.** Descripción de los tratamientos de diferentes fuentes solubles de magnesio y azufre.

Tratamiento	Fertilización Básica	MgO	S	Kieserita	Óxido 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

estadísticamente igual, tanto para la última cosecha como para el acumulado de la producción.

En la última cosecha evaluada se observó el efecto de la aplicación de K, lo cual sumado a las tendencias similares de los años anteriores, se tradujo en la respuesta

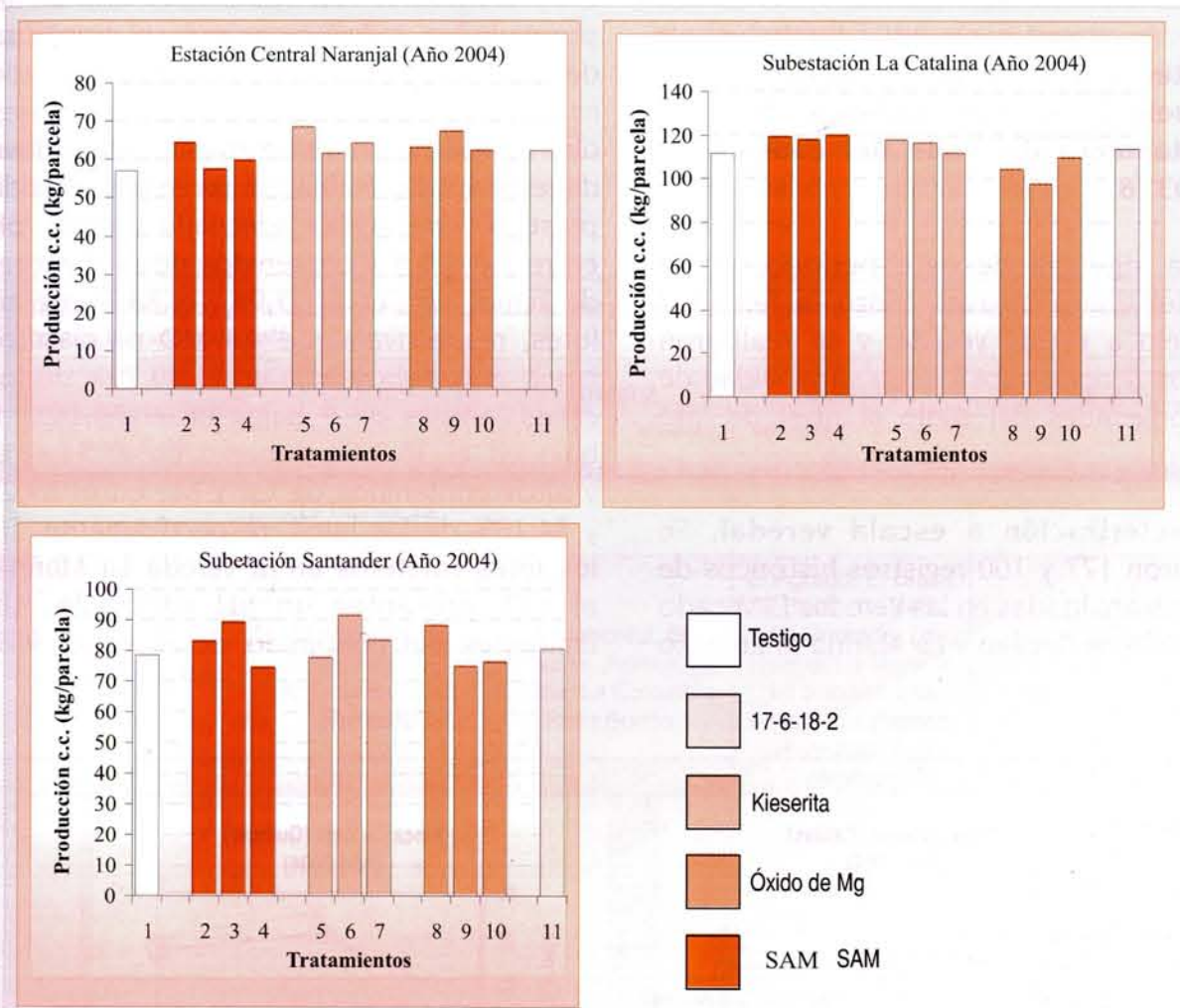


Figura 5. Promedio de las producciones de café cereza obtenidas por parcela experimental en el año 2004 en las Estaciones Experimentales Naranjal, La Catalina y Santander.

Tabla 10. Descripción de los tratamientos de diferentes fuentes y dosis de potasio, en cafetales .

Dosis de K <sub>2</sub> 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

de este elemento en el acumulado de los 4 ciclos de producción.

En la Figura 6 puede observarse la respuesta a la aplicación de tres dosis de cloruro de potasio (KCl) y de sulfato de potasio sobre la producción de café cereza.

### Caracterización de la fertilidad del suelo en la zona cafetera del departamento del valle del cauca. SUE 0328.

Para la vigencia de este período, en el Valle del Cauca se caracterizó la fertilidad del suelo a escala veredal y se realizaron estudios relacionados con la variabilidad de las propiedades del suelo al nivel de lote cafetero.

- **Caracterización a escala veredal.** Se emplearon 177 y 100 registros históricos de muestras analizadas en las veredas El Venado (municipio de Sevilla) y La Marina (municipio

de Trujillo), respectivamente. Se estimaron las tendencias de pH y los contenidos de materia orgánica (MO), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y aluminio (Al); además, las fincas de cada vereda se agruparon mediante análisis de cuartiles y análisis multivariado, para cada una de las propiedades químicas y para el conjunto de éstas.

Con relación a los requerimientos del cultivo de café en Colombia, la vereda El Venado presentó una acidez adecuada con un pH entre 5,0 y 5,5 y contenidos de Al menores de  $1\text{cmol}_c.\text{kg}^{-1}$ , en el 55,94 y el 88,7% de los lotes, respectivamente. La MO se clasificó como muy baja y baja en el 89,79% de los casos, niveles de P bajos en el 75,14%, K bajo en el 35,59% y medio en el 25,43%, y altos contenidos de Ca y Mg en el 89,27 y 84,18% de los lotes, respectivamente. De los lotes cafeteros en la vereda La Marina, el 54% presentan un pH adecuado, sin limitantes del contenido de Al en el 95%

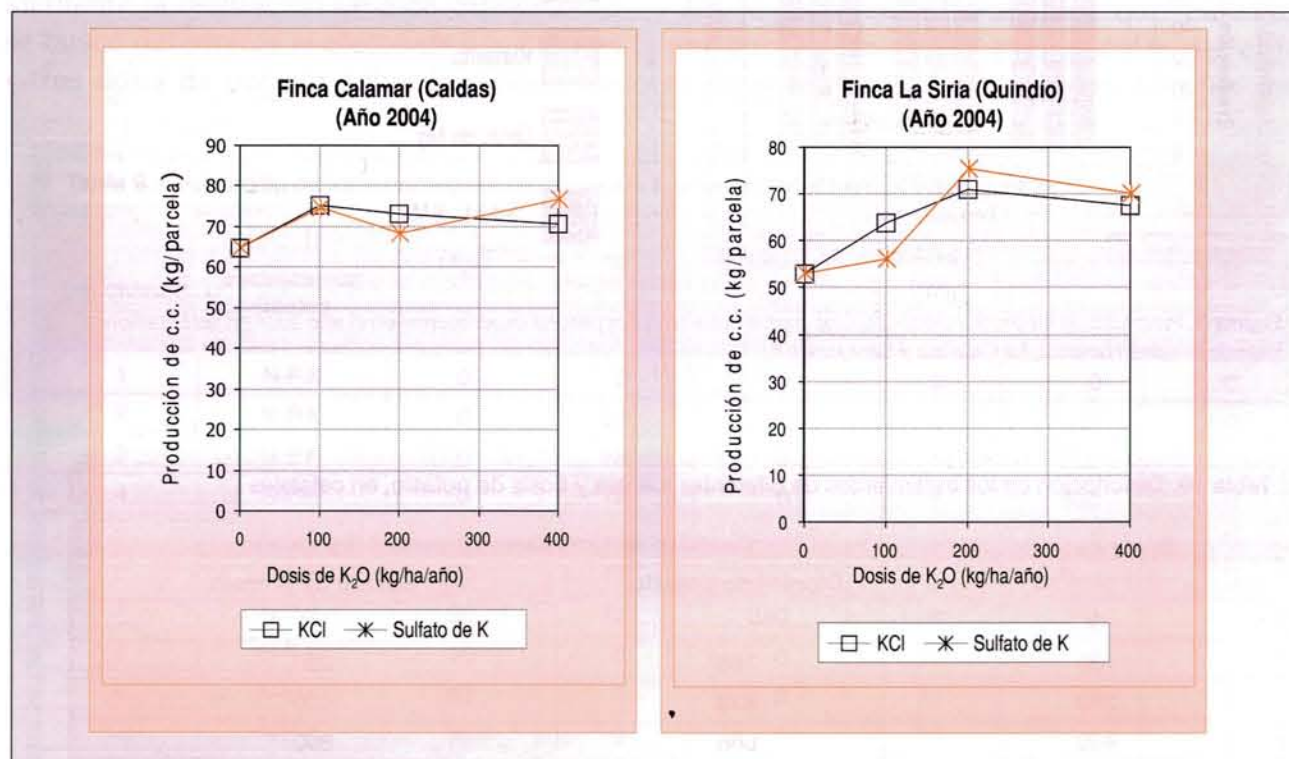


Figura 6. Respuesta a la fertilización con potasio en las fincas Calamar y La Siria durante el año 2004.

de los casos, MO media a media alta en el 63%, P y K bajos en el 96% y 69% de los lotes, respectivamente, con altos contenidos de Ca y Mg en el 90 y el 84% de los lotes, respectivamente.

Al agrupar las fincas de cada vereda para cada una de las propiedades químicas, se observó que dentro de un mismo cuartil o grupo, se presentaban predios en diferentes rangos para el cultivo de café. Como ejemplo de lo anterior, en la Tabla 11, se presentan

los grupos de fincas conformados para el pH del suelo, en las veredas El Venado y La Marina.

En la agrupación de fincas mediante análisis multivariado, las propiedades químicas que explicaron en mayor grado la variabilidad de la fertilidad del suelo fueron: Al, pH, P y Mg, en la vereda El Venado; y Mg, Ca, MO y Al, en la vereda La Marina. Con estas características se conformaron cuatro grupos de fincas en cada vereda.

**Tabla 11.** Rangos y fincas que conforman cada cuartil para la variable pH del suelo, y subdivisión según el criterio técnico para café.

Rangos de pH para Café	Cuartil 1	Cuartil 2	Cuartil 3	Cuartil 4
	Vereda El Venado			
	pH $\geq 4,5$ y $\leq 5,2$	pH $\geq 5,21$ y $\leq 5,3$	pH $\geq 5,31$ y $\leq 5,5$	pH $\geq 5,51$ y $\leq 5,8$
< 5,0	El Triunfo, La Argelia	*	*	*
$\geq 5,0$ y $\leq 5,5$	El Encanto, La Primavera, Las Araucarias, Vista Hermosa	Aguabonita, El Porvenir, Juliana, La Cecilia, La Colombia, Patio Bonito	El Agrado, El Brasil, El Rocío, La Bella, La Granada, La Helena, La Morada, La Secreta, Las Mirlas, Las Palmas, Risaralda, San Mateo	*
> 5,5	*	*	*	Alegrías, El Jardín, El Placer, La Arboleda, La Esmeralda, La Estrella, Las Mirlitas, Nápoles, Tesorito
Vereda La Marina				
	pH $\geq 5,1$ y $\leq 5,3$	pH $\geq 5,31$ y $\leq 5,4$	pH $\geq 5,41$ y $\leq 5,6$	pH $\geq 5,61$ y $\leq 5,9$
< 5,0	*	*	*	*
$\geq 5,0$ y $\leq 5,5$	La Parcelita, Las Palomas, San José	El Cedrito, El Molino, El Porvenir, El Rodadero, El Zafiro, La Florida, La Sirena, Los Alamos, Los Cauchos	*	La Trinidad, Remolino
> 5,5	*	*	Cherebril, El Clavel -	Alto Bonito, El Recuerdo, El Salviachito, El Volga, La Aurora, La Bonita, La Margarita, La Primavera, Las Delicias, San Carlos, Tesorito

\* No hay fincas clasificadas en este rango.

**- Comparación entre la información histórica y actual.** En cada vereda se tomaron muestras de suelo en 25 lotes cafeteros. La información obtenida se comparó con los registros históricos mediante la prueba de  $t$  al 5%, observándose que existen diferencias estadísticas entre los registros históricos y los actuales para las variables pH, MO y Al, en la vereda El Venado. En La Marina, además de las anteriores propiedades, se registraron diferencias para P y K. Pese a lo anterior, tanto para los registros históricos como para los actuales, los niveles de pH y Al correspondieron al rango adecuado para café.

**- Caracterización de la fertilidad a escala de lote.** Se tomaron 100 muestras de suelo en un lote de la finca La Morada (vereda El Venado), y 100 en un lote de la finca Las Delicias (vereda La Marina). La información obtenida se analizó mediante estadística descriptiva (cuartiles) y multivariada, así como por geoestadística. Las tendencias generales en el lote de la finca La Morada, indicaron que los contenidos de MO (5,84%) y P ( $5,64\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) son bajos, los de K ( $0,77\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ ), Ca ( $8,13\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ ) y Mg ( $1,77\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ ) son altos, así como un pH alto (5,8) y Al ( $0,19\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ ) adecuado para el cultivo de café. En el lote de la finca Las Delicias, se observaron tendencias similares para las propiedades químicas, consistentes en niveles adecuados de pH (5,42) y Al ( $0,23\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ ), niveles medios de MO (12,57%), P ( $3,98\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) bajo, y altos de K ( $0,83\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ ), Ca ( $8,11\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ ) y Mg ( $1,81\text{cmol}_c\cdot\text{kg}^{-1}$ ). En la agrupación de puntos de muestreo se encontró que en un mismo cuartil, dichos puntos podían diferir en relación con los rangos para café; además se destaca el hecho, que las propiedades químicas del suelo pueden variar a distancias cortas.

Las propiedades químicas que explicaron en mayor grado la variabilidad de la fertilidad del suelo fueron el Ca, el pH, la MO y el

Mg en el lote de La Morada, y en el lote de Las Delicias fueron Mg, Ca, Al y pH, la mayoría relacionadas con la acidez del suelo.

Las características del suelo no siempre cumplieron con los supuestos necesarios para evaluar su dependencia espacial (análisis geoestadístico), la cual difiere entre los lotes evaluados. El análisis realizado con las propiedades que cumplieron los supuestos, permitió relacionar al relieve con los contenidos de MO y K en la finca La Morada y, el Ca y el Mg en Las Delicias, al encontrar mayor acumulación en las zonas bajas de los lotes. En la finca La Morada el K fue el elemento que más cambió en el área de estudio al presentar un menor rango de dependencia espacial (27,8m), lo que sugiere tomar un mayor número de submuestras en dicho lote. En el lote de la finca Las Delicias esta condición la presentó el pH del suelo con 42,7m.

#### **Fertilización de café con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento productivo en los distintos suelos de la zona cafetera. SUE 0507.**

Esta investigación apunta hacia la determinación del efecto de la aplicación de nitrógeno y potasio sobre la producción de café. Se evaluaron nueve tratamientos resultantes de la combinación de tres dosis (0, 150 y  $300\text{kg}/\text{ha}/\text{año}$ ) de nitrógeno y potasio, en un diseño factorial completo (Tabla 12).

En el año 2004 se evaluó el último ciclo productivo en la Estación Central Naranjal y en las Subestaciones Experimentales Líbano, El Rosario, Santander, Pueblo Bello y La Catalina; quedando por finalizar en El Tambo.

En este período se registraron efectos significativos de la aplicación de nitrógeno

en todas las localidades, excepto en las Subestaciones Pueblo Bello y El Tambo. Las tendencias en su mayoría se ajustaron al modelo de tipo lineal con tendencias decrecientes.

En cuanto al efecto de la fertilización potásica hubo efecto de su aplicación en las Estaciones Experimentales Naranjal, Líbano y Santander, con una tendencia cuadrática para las primeras dos localidades y lineal para la última. No hubo interacción nitrógeno x potasio en ninguna de las localidades. En la Figura 7 pueden observarse los registros de producción obtenidos por parcela experimental para los dos elementos estudiados en cada una de las localidades.

### Disponibilidad del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilización. SUE 0517.

Con este experimento se busca determinar el efecto de la fertilización con azufre sobre la producción de 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 13).

Actualmente, este experimento se desarrolla en las fincas cafeteras San Alberto (Buenavista - Quindío), El Amparo (Fredonia - Antioquia) y La Cristalina (Chinchiná - Caldas).

**Tabla 12.** Tratamientos para la fertilización de café en la etapa de crecimiento productivo con nitrógeno y potasio

Tratamiento	Dosis de nitrógeno (kg de N/ha/año)	Dosis de potasio (kg de K <sub>2</sub> O/ha/año)
1	0	0
2	0	150
3	0	300
4	150	0
5	150	150
6	150	300
7	300	0
8	300	150
9	300	300

**Tabla 13.** Descripción de los tratamientos para la fertilización de cafetales con distintas fuentes y dosis de azufre.

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

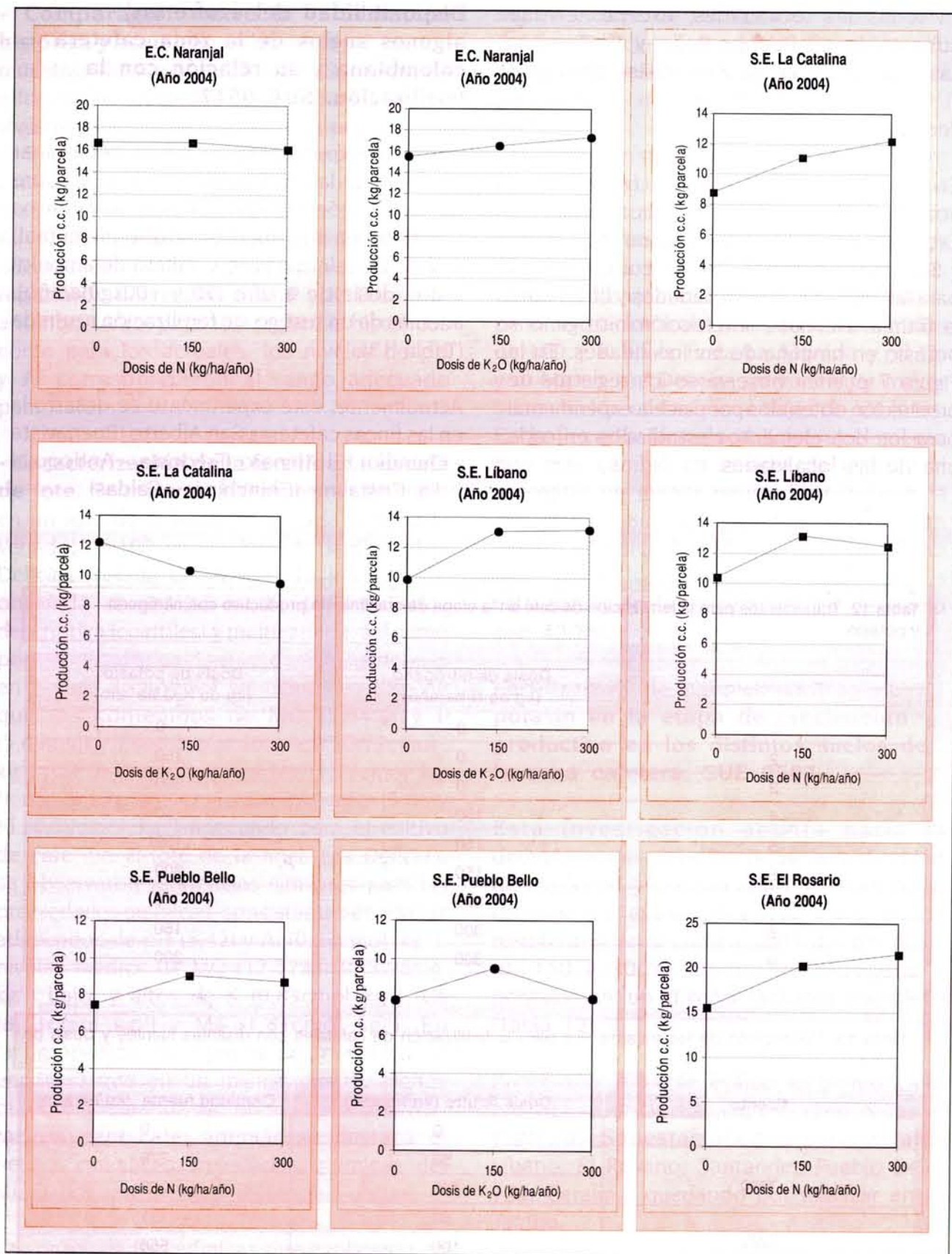
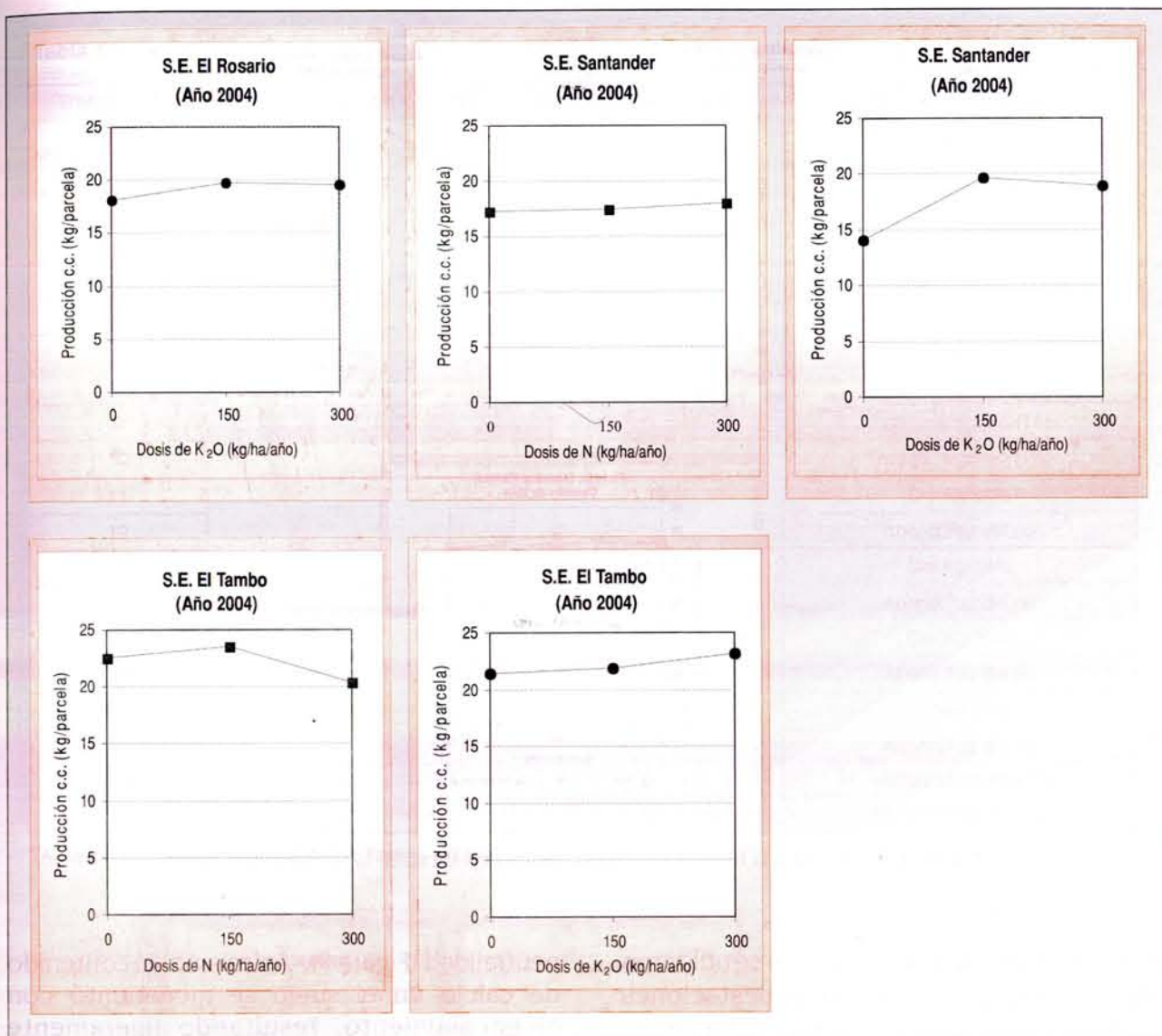


Figura 7. Respuesta del café a la aplicación de nitrógeno y potasio durante el año 2004 en la Estaciones Experimentales Naranjal, Libano, El Rosario, Santander, Pueblo Bello, La Catalina y El Tambo. (Continúa...)



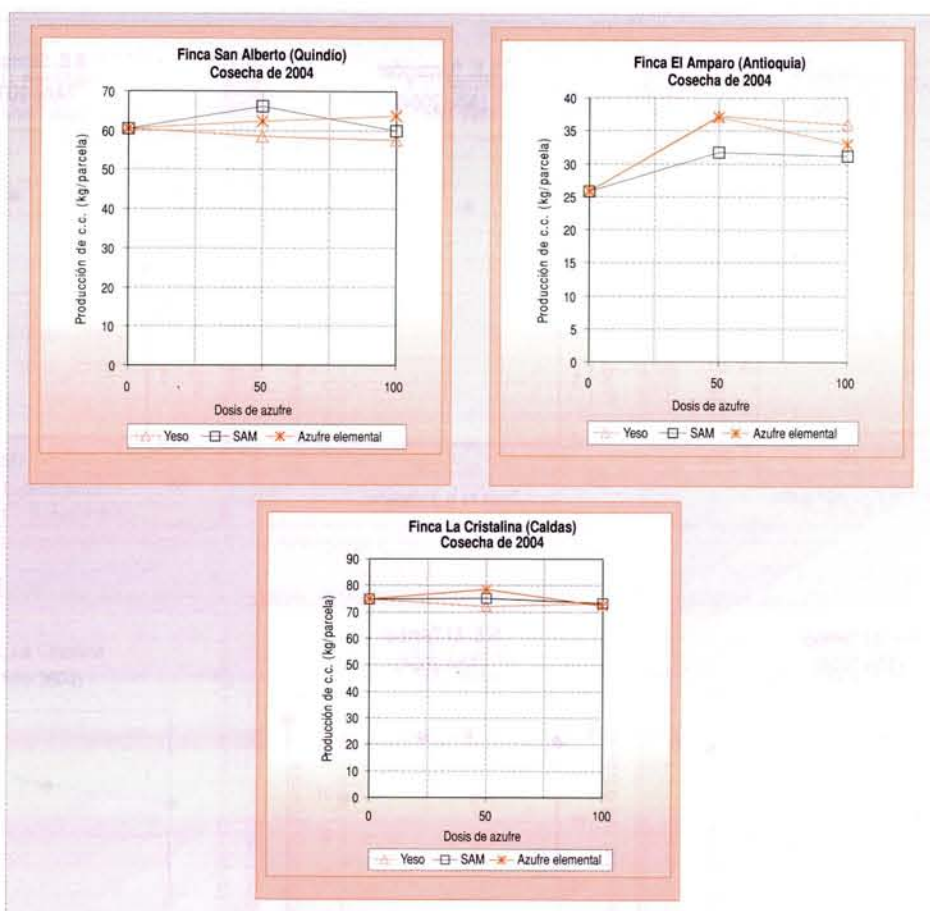
(...Continuación...) **Figura 7.** Respuesta del cafeto a la aplicación de nitrógeno y potasio durante el año 2004 en la Estaciones Experimentales Naranjal, Líbano, El Rosario, Santander, Pueblo Bello, La Catalina y El Tambo.

En este último ciclo (tercera cosecha), contrario al anterior, no se registró efecto de la aplicación de azufre sobre la producción de café en ninguna de las tres localidades (Figura 8). En la finca El Amparo, hubo una tendencia al incremento del rendimiento por el suministro del azufre, sin embargo esta no fue significativa estadísticamente; hecho que puede estar relacionado con la alta variabilidad espacial en la fertilidad del suelo en este sitio y el bajo número de repeticiones empleadas (cuatro repeticiones).

### **Efecto del encalamiento sobre el crecimiento de las plantas de café en almácigo. SUE 0521.**

Este experimento busca determinar el efecto del encalamiento sobre el crecimiento de las plantas de café de la variedad Colombia en la etapa de almácigo. Se vienen evaluando 20 tratamientos, resultantes de cuatro dosis y dos fuentes de calcio, con y sin aporte de lombricompost, y dos testigos sin encalar, uno de ellos con adición de fósforo en forma de DAP (Tabla 14).





**Figura 8.** Respuesta a la fertilización con azufre en tres fincas de la zona cafetera durante el año 2004.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron suelos provenientes de las subestaciones de Experimentación Naranjal (Caldas), El Rosario (Antioquia), Paraguaicito (Quindío), Santander (Santander) y de Jamundí (Valle del Cauca), localidades contrastantes por sus características químicas y de acidez. El efecto del encalamiento sobre desarrollo de las plantas se medirá en términos de su peso seco en el mes de diciembre de 2005. Actualmente, se cuenta con la información correspondiente al efecto de los tratamientos sobre las propiedades químicas del suelo sin la mezcla de lombricompuesto, un mes después de haberlo aplicado.

Se observó que los valores de pH se incrementaron en todos los suelos conforme aumentaron las dosis de CaO, siendo el comportamiento muy similar para ambas fuentes, llegando a niveles cercanos a la

neutralidad (Figura 9). Así mismo, el contenido de calcio en el suelo se incrementó con el encalamiento, resultando ligeramente superior cuando se empleó el Abono Paz del Río, debido a su mayor concentración en este elemento (Figura 10).

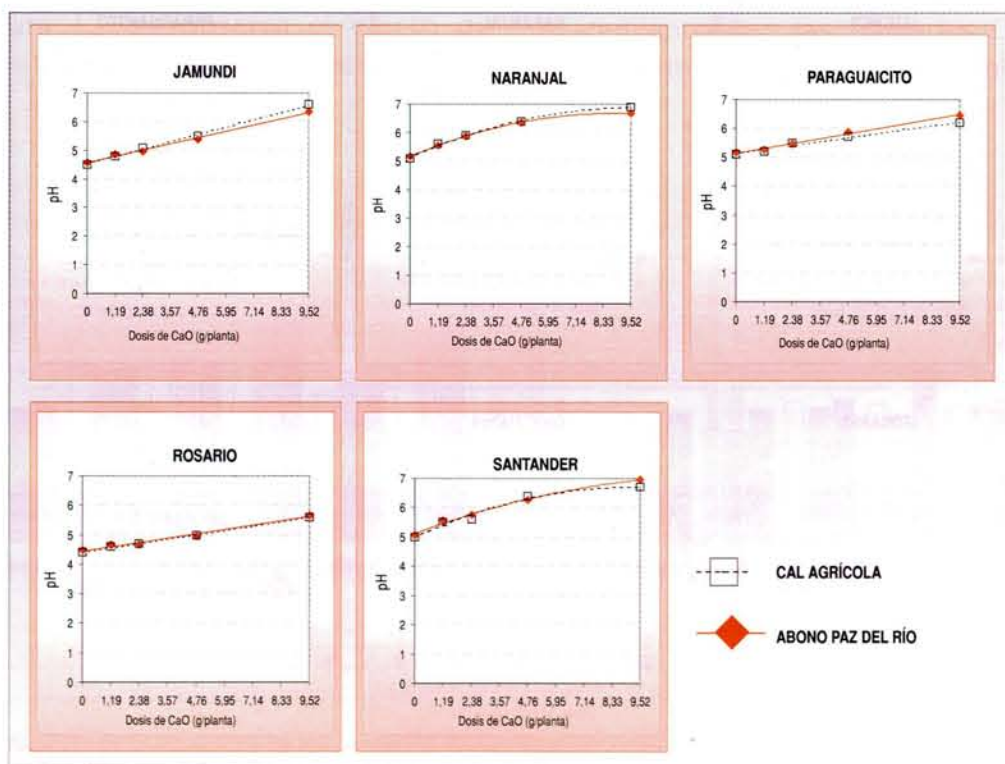
El fósforo disponible se incrementó al utilizar Abono Paz del Río, respuesta obtenida a razón del contenido de este nutriente (10,8% de  $P_2O_5$ ) en la cal, además cabe anotar que la cal agrícola no tiene este elemento dentro de su formulación. En los suelos de Paraguaicito y Santander se produjo el mayor incremento de P, alcanzando valores cercanos a 120mg/kg (Figura 11).

Se registraron aumentos en los tenores de magnesio al utilizar cal agrícola, como resultado del contenido de este elemento en mayor grado. En cuanto al aluminio, disminuyeron sus niveles.

**Tabla 14.** Descripción de los tratamientos de encalamiento de plantas de café en almácigo.

Tratamiento	Nivel de materia orgánica	Dosis de CaO (g/bolsa)	Fuentes de calcio
1	Sin lombricompuesto	1,19	Cal Agrícola
2			Abono Paz del río
3		2,38	Cal Agrícola
4			Abono Paz del río
5		4,76	Cal Agrícola
6			Abono Paz del río
7		9,52	Cal Agrícola
8			Abono Paz del río
9		0	Testigo absoluto (TA)
10			Testigo relativo (TR)
11	Con lombricompuesto	1,19	Cal Agrícola
12			Abono Paz del río
13		2,38	Cal Agrícola
14			Abono Paz del río
15		4,76	Cal Agrícola
16			Abono Paz del río
17		9,52	Cal Agrícola
18			Abono Paz del río
19		0	Testigo absoluto (TA)
20			Testigo relativo (TR)

TA: Testigo sin encalar y sin DAP - TR: Testigo sin encalar y con DAP



**Figura 9.** Efecto del encalamiento sobre el pH del suelo.

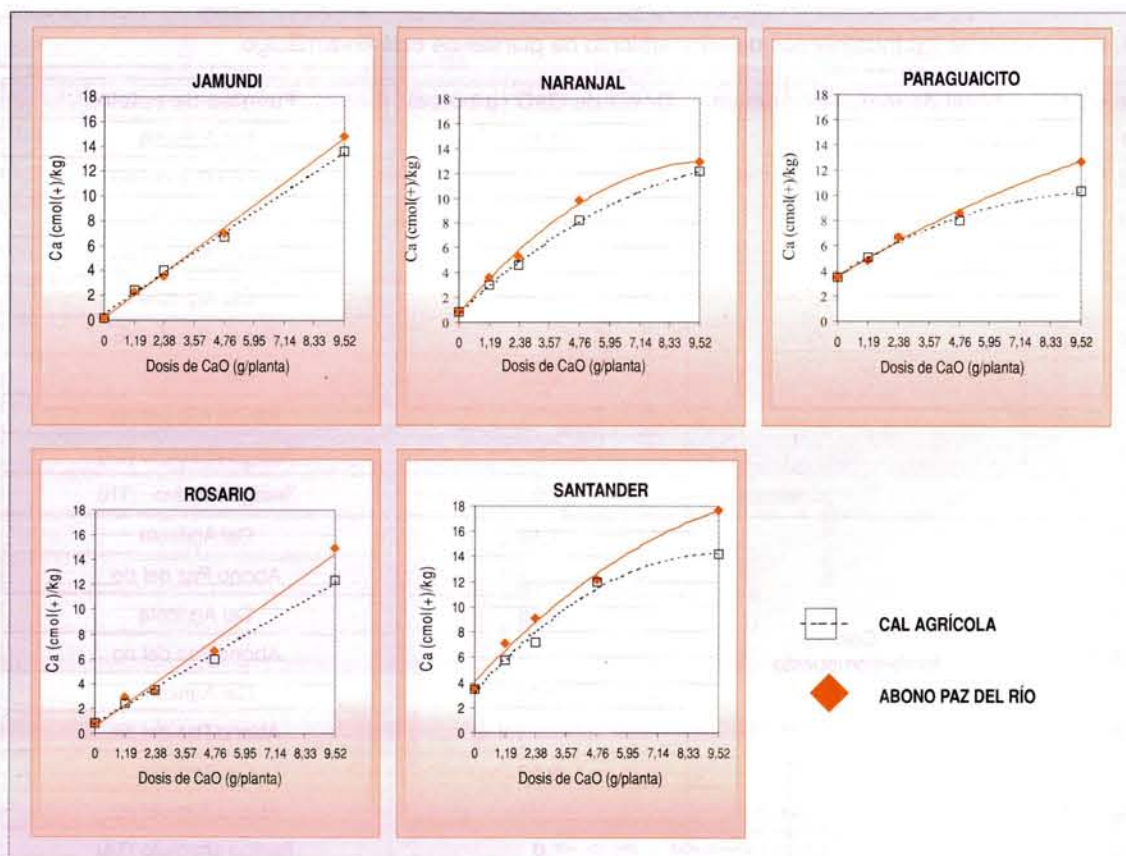


Figura 10. Efecto del encalamiento sobre el calcio presente en el suelo.

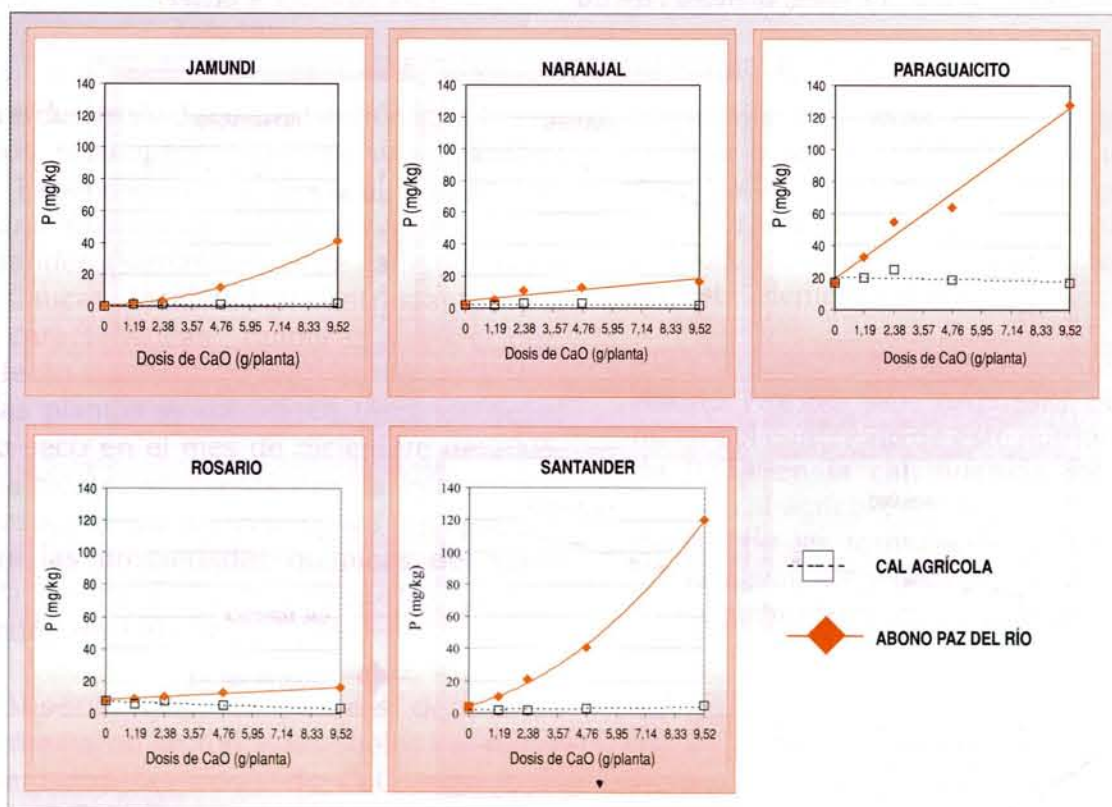


Figura 11. Efecto del encalamiento sobre el fósforo presente en el suelo.

## Respuesta del café a la fertilización con silicio en la etapa de almácigo. SUE 0539.

El Silicio (Si) es uno de los elementos de mayor abundancia en la naturaleza. Aunque hasta el momento se discute su importancia como nutrimento esencial, el Si exhibe diferentes efectos benéficos sobre algunos cultivos como son el incremento en la producción, el aumento de la actividad fotosintética, la resistencia al ataque de plagas y enfermedades, la tolerancia a niveles altos de Fe, Mn y Al, y la tolerancia a condiciones de estrés hídrico, bajas temperaturas y salinidad.

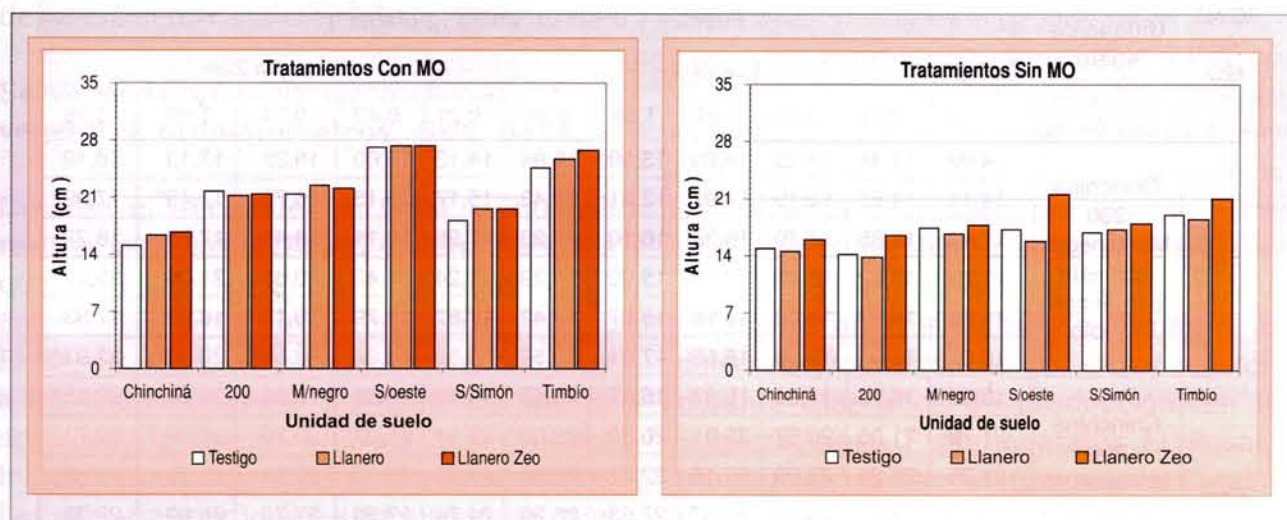
Debido a que en café la información al respecto es poca, la comercializadora AGROMIL Ltda., tomó la iniciativa para que junto con Cenicafé se desarrollara el presente experimento, el cual tiene como objetivo evaluar la respuesta del café durante la etapa del almácigo a la aplicación de cinco dosis de Si (0,21; 0,42; 0,84; 1,68 y 3,36g/planta), provenientes de los fertilizantes: Llanero y Llanero Zeo.

En la Figura 12, se observa el efecto de las fuentes de Si sobre el comportamiento

de la altura de las plantas, registrada a los cinco meses después del transplante en cada uno de los suelos estudiados, con y sin aplicación de materia orgánica (MO).

Se observa que para todos los sitios, el crecimiento de las plantas fue mayor en los suelos con presencia de MO comparado con el que ocurrió con aquellos tratamientos donde no se aplicó pulpa. Con relación a la aplicación de Si en presencia de MO, no se observaron diferencias entre el promedio de la altura de las plantas testigo y las plantas fertilizadas con las dos fuentes de silicio; mientras que en ausencia de pulpa, para todas las unidades de suelo, ocurrió una mayor variación entre los tratamientos y una ligera tendencia a aumentar el promedio de la altura, principalmente cuando se aplicó el fertilizante Llanero Zeo; respuesta que se asoció con sus contenidos de fósforo (7% de  $P_2O_5$ ).

Al analizar los datos por cada unidad de suelo y nivel de MO, se encontró que en presencia de pulpa solo hubo efecto de los tratamientos en las unidades Chinchiná y Timbío, mientras que cuando no se aplicó



**Figura 12.** Promedio de la altura (cm) de los cafetos en las distintas unidades de suelos evaluadas, para las dos fuentes de Si y un testigo sin aplicación, con dos niveles de materia orgánica (MO).

MO se registraron diferencias estadísticas significativas en las unidades Chinchiná, Timbío, 200 y Suroeste (Tabla 15). Por el contrario, para las unidades Montenegro y San Simón no hubo efectos significativos de los tratamientos sobre la altura de las plantas de café.

Cuando se compararon las diferentes dosis y fuentes de silicio con el testigo, mediante la prueba de Dunnett al 5%, se registraron diferencias estadísticas significativas entre éste y la máxima dosis del fertilizante Llanero Zeo (3,36g de Si planta<sup>-1</sup>), a favor del fertilizante sobre la altura de las plantas. Así mismo, cuando no se aplicó materia orgánica se encontraron diferencias entre el testigo con la dosis de 0,84g de Si planta<sup>-1</sup> de Llanero Zeo en Timbío, y el testigo con la dosis de 1,68g de Si planta<sup>-1</sup> de la misma fuente en la unidad 200.

Para concluir con mayor certeza respecto al efecto de las diferentes fuentes o dosis

de Si sobre el crecimiento de las plantas, es necesario evaluar el peso seco de las plantas al finalizar la etapa de almácigo en el mes de noviembre del presente año.

### Efecto de fertilizantes químicos y biológicos en el cultivo de café.

En plantas de café de la var. Colombia de 3 años de establecimiento en el campo, fertilizadas con productos químicos y un producto biológico (Bacthon), se están evaluando las variables de crecimiento: altura, número de cruces, ramas y hojas, y de producción en cuanto a cantidad y calidad. Las variables altura y número de cruces y ramas, mostraron diferencias estadísticas significativas entre el testigo absoluto y la aplicación del producto biológico comparados con el tratamiento donde se aplicó el fertilizante químico al 100% y con la aplicación del fertilizante químico al 75% (2 aplicaciones) + Bacthon (1 aplicación), resultando estos dos últimos tratamientos los de mayores valores en las tres variables de crecimiento evaluadas.

**Tabla 15.** Promedio de la altura (cm) de las plantas de café en la etapa de almácigo, sembradas en seis suelos con dos niveles de materia orgánica y diferentes fuentes y dosis de silicio.

Nivel de MO	Unidad de suelo	Fuentes y dosis de silicio (g planta <sup>-1</sup> )										
		Testigo	Llanero					Llanero Zeo				
		0	0,21	0,42	0,84	1,68	3,36	0,21	0,42	0,84	1,68	3,36
Sin	Chinchiná 200	14,99	14,31	14,23	14,20	13,89	15,94	14,13	16,00	16,25	17,13	16,19
	Montenegro	14,11	14,87	12,19	14,92	12,31	14,43	15,17	15,13	16,72	17,49*	17,99*
	Suroeste	17,41	16,85	17,70	16,39	16,10	16,23	17,95	16,11	18,48	17,75	18,79
	San Simón	17,23	15,62	16,45	17,59	15,09	14,39	21,24	21,43	20,65	21,06	23,67*
	Timbío	16,86	16,97	18,08	18,18	15,67	17,42	17,87	16,79	18,12	18,98	17,93
			19,07	18,01	19,55	18,55	17,31	18,59	19,55	19,34	22,56*	20,96
Con	Chinchiná 200	15,05	16,76	17,04	15,97	16,17	15,55	14,19	16,84	16,33	16,20	20,15*
	Montenegro	21,79	21,05	20,67	22,01	20,33	22,00	22,11	21,02	20,26	21,09	22,71
	Suroeste	21,35	23,21	22,09	22,19	22,47	22,28	21,00	23,53	22,31	21,70	21,82
	San Simón	27,01	27,07	28,83	27,37	27,53	25,20	24,74	27,59	27,70	26,99	29,39
	Timbío	18,11	19,11	19,94	18,35	20,33	20,25	19,77	19,28	19,57	19,57	19,98
		24,58	26,05	25,38	27,18	25,44	24,43	26,91	25,97	25,87	27,51	27,70*

\* Valores estadísticamente diferentes del testigo según prueba de Dunnett al 5%.

La variable número de hojas no mostró diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos durante los tres períodos evaluados. Se observó una alta defoliación en todos los tratamientos durante los períodos de producción de las plantas. La presencia de mancha de hierro en las hojas ha sido baja, con niveles promedio de 0,9% y en los frutos ha sido un poco más alta, con niveles promedio de 6% en el primer semestre del año 2005 y de 16% para el segundo semestre del mismo año. El testigo absoluto y el tratamiento con el Bacthon solo, presentan los promedios más altos en la incidencia de mancha de hierro en hojas y frutos, comparados con los demás tratamientos. Con respecto a la variable producción, no se han detectado diferencias estadísticas significativas entre tratamientos en el acumulado de 18 recolecciones realizadas (octubre de 2004 a septiembre de 2005). Sin embargo, se observa una tendencia de mayor producción en el tratamiento donde se aplicó el fertilizante químico al 75% (2 aplicaciones) + Bacthon (1 aplicación). La calidad del café en términos de trilla, tampoco ha mostrado diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. En este experimento se ha observado la buena calidad del café puesto que todos los tratamientos presentan niveles de rendimiento por debajo de 92,8.

#### **Servicio de análisis de material vegetal y bromatológicos. SUE 0611.**

Durante el año cafetero 2004 - 2005 se realizaron un total 20.817 determinaciones que corresponden a 1.832 muestras.

El 84,50% de las muestras correspondieron a los proyectos de la Disciplina de Suelos, seguidas de los de Fitotecnia y Química Industrial con 6,0 y 0,38%, respectivamente. Las muestras particulares correspondieron al 9,12% del total de las analizadas.

Los experimentos a los que más determinaciones se les realizó fueron: SUE

1101, SUE 0517 y SUE 0322, correspondiendo al 42,47; 13,76 y 11,46 % respectivamente.

A 210 muestras se les determinaron los contenidos de cloruros por el método volumétrico (valoración con nitrato de plata) y a 627 muestras se les determinó azufre por el método turbidimétrico.

Para garantizar la calidad de los análisis del laboratorio se llevaron controles a través de muestras patrón de diferentes cultivos y se realizaron chequeos con muestras de otros laboratorios del país.

Con la adquisición de un nuevo espectrofotómetro de absorción atómica, se realizaron las pruebas suficientes para establecer los parámetros de lectura para las determinaciones de K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu, en el material vegetal.

### **III. Manejo de Cafetales**

#### **Renovación**

Comparación de tres formas de implantar los sistemas de renovación de cafetales. FIT-0510. El propósito de este experimento fue el de evaluar dos formas de establecimiento del sistema de renovación de cafetales por fracciones del lote o por lotes de la finca, considerando como testigo el zoqueo total del lote o de la finca. En consecuencia, se evaluó la renovación por quintas partes que permite establecer el sistema en cinco años y el de dos quintas partes que lo establece en tres años. Se tomaron los datos de producción de dos ciclos seguidos durante diez años de producción, en las Subestaciones Experimentales El Rosario (Antioquia), El Tambo (Cauca), la Catalina (Risaralda) y Líbano (Tolima).

El análisis estadístico de los datos de las subestaciones El Rosario y Líbano mostraron

que la producción total fue menor en el primer ciclo a favor del zoqueo total, esto debido al envejecimiento del cafetal mientras se establecía el sistema tanto para el zoqueo de una quinta parte como con el zoqueo de dos quintas partes. Para el segundo ciclo no hubo diferencias estadísticas entre las tres formas de renovación del cafetal; en consecuencia, la renovación por quintas partes se muestra interesante porque mantiene la productividad de la finca a través del tiempo y permite la diversificación del cafetal con cultivos transitorios todos los años.

Para complementar esta información, se hará el análisis económico para determinar si los tres sistemas son iguales en función de los ingresos brutos.

### Fertilización de cafetales orgánicos

#### Respuesta en producción del café al sol fertilizado con lombricompost. Con

este experimento se busca determinar la dosis óptima desde los el puntos de vista biológico como económico, de la materia orgánica en forma de lombricompost para fertilizar cafetales a libre exposición. En la Tabla 16 se presentan los tratamientos para la aplicación de lombricompost.

La distancia de siembra del café es de 1,0 x 1,0m. Los resultados de producción en el año 2004 y la media general del ciclo 2002 – 2004 en la subestación experimental de Santander, se presentan en la Tabla 17.

Los análisis estadísticos realizados a la producción registrada en el año 2004, indican que cuando se fertiliza el café con compuestos orgánicos o inorgánicos, se obtienen mayores producciones que cuando no se realiza ningún tipo de fertilización (diferencia estadística según prueba Duncan 5%). Con la aplicación de fertilizante se obtuvo una producción de café 40,1% mayor (valor medio de los tratamientos 1 a 5) que cuando no se fertilizó.

**Tabla 16.** Descripción de los tratamientos para evaluar la respuesta de la aplicación de lombricompost en cafetales a libre exposición solar.

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

**Tabla 17.** Producción de café en el 2004 y promedio de producción de tres cosechas durante el período 2002-2004. Experimento Fit 0602. Subestación Experimental de Santander.

Tratamientos	Lombricompost/planta/año	Producciones @ c.p.s./ha/año	
		2004	Media
1	0,5kg	374,0 a	199,3 bc
2	1,0kg	412,6 a	231,6 ab
3	2,0kg	385,0 a	233,3 ab
4	3,0kg	375,0 a	250,5 a
5	Con Fertilización	369,3 a	239,5 ab
6	Sin fertilización	293,1 b	164,0 c

Los análisis del promedio de la producción de tres cosechas (2002-2004), indican diferencias significativas entre el tratamiento 4 (aplicación de 3,0kg de lombricompuesto/planta/año) y los tratamientos 1 y 6 (aplicación de 0,5kg de lombricompuesto y el café sin fertilización), es así como con la aplicación de 3,0kg de lombricompuesto/planta/año, se produce 25,7% más que cuando se aplican 0,5kg de lombricompuesto y 52,7% más que cuando no se fertiliza el cafetal.

### Sistemas de producción de cultivos intercalados con café

#### Efecto de la intensidad del sombrero sobre la respuesta del café al fertilizante.

Se busca determinar el comportamiento de la producción de café ante la variación conjunta de la intensidad del sombrero y de la cantidad de fertilizante aplicado. En la Tabla 18, se describen los tratamientos para el estudio.

La distancia de siembra del café es de 1,5 x 1,5m. Los resultados obtenidos en la Estación Central Naranjal, en el año 2004 y la producción media de cuatro cosechas

en la fase de renovación (2001-2004), se presentan en la Tabla 19.

- **Sombrero a 6,0 x 6,0m.** Los resultados de los análisis estadísticos (prueba Duncan al 5%), mostraron que en el año 2004, se presentan diferencias estadísticas entre los tratamientos sin fertilización y la aplicación del 25, 50 y 75% de la dosis recomendada, encontrándose una diferencia en producción del 22% a favor de la fertilización (media de las tres dosis). No hubo diferencias significativas en el promedio de la producción de cuatro cosechas de café en este segundo ciclo del cultivo, para cada tratamiento. El promedio general de la producción del sistema con café a 1,5 x 1,5m y guamo a 6,0 x 6,0m fue de 154,4@ de café pergamino seco/ha/año.

- **Sombrero a 9,0 x 9,0m.** Los resultados de los análisis estadísticos (prueba Duncan al 5%), mostraron que en el año 2004 (segundo ciclo del cultivo o de renovación por zoqueo), no se presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos, bajo esta distancia de siembra del sombrero. El promedio de producción del café para este año fue de

**Tabla 18.** Descripción de los tratamientos para el estudio del efecto de la intensidad del sombrero sobre la respuesta del café al fertilizante.

Nº	Tratamientos	Descripción
1	S1 F0	Sombrero a 6 x 6m. Sin fertilizante
2	S1 F1	Sombrero a 6 x 6m. 25% de la dosis del análisis de suelos
3	S1 F2	Sombrero a 6 x 6m. 50% de la dosis del análisis de suelos
4	S1 F3	Sombrero a 6 x 6m. 75% de la dosis del análisis de suelos
5	S2 F0	Sombrero a 9 x 9m. Sin fertilizante
6	S2 F1	Sombrero a 9 x 9m. 25% de la dosis del análisis de suelos
7	S2 F2	Sombrero a 9 x 9m. 50% de la dosis del análisis de suelos
8	S2 F3	Sombrero a 9 x 9m. 75% de la dosis del análisis de suelos
9	S3 F0	Sombrero a 12 x 12m. Sin fertilizante
10	S3 F1	Sombrero a 12 x 12m. 25% de la dosis del análisis de suelos
11	S3 F2	Sombrero a 12 x 12m. 50% de la dosis del análisis de suelos
12	S3 F3	Sombrero a 12 x 12m. 72% de la dosis del análisis de suelos



**Tabla 19.** Producción @ c.p.s./ha, en el año 2004 y Producción media de cuatro cosechas (2001 a 2004, periodo de renovación por zoqueo) en @ C.P.S./ha, Experimento Fit 1013. Estación Central Naranjal.

Distancia siembra sombrío	Dosis de fertilizante		Producción año 2004	Media (4 cosechas)
6,0 x 6,0m	0	S1 F0	119,2 b	132,5 a
	25%	S1 F1	158,3 a	164,5 a
	50%	S1 F2	164,1 a	165,3 a
	75%	S1 F3	164,0 a	155,1 a
	<b>Media</b>			<b>154,4 C</b>
9,0 x 9,0m	0	S2 F0	148,7 a	155,2 a
	25%	S2 F1	169,3 a	177,6 a
	50%	S2 F2	139,2 a	156,3 a
	75%	S2 F3	146,0 a	163,8 a
	<b>Media</b>			<b>163,2 B</b>
12,0 x 12,0m	0	S3 F0	164,4 a	197,0 a
	25%	S3 F1	194,8 a	224,8 a
	50%	S3 F2	217,4 a	233,2 a
	75%	S3 F3	222,0 a	251,2 a
	<b>Media</b>			<b>226,5 A</b>

150,8@ de café pergamino seco/ha. Tampoco hubo diferencias significativas en la media de la producción de cuatro cosechas de café en cada tratamiento. El promedio de producción general del sistema café a 1,5 x 1,5m y guamo a 9,0 x 9,0m fue de 163,2@ de café pergamino seco/ha/año.

- **Sombrío a 12,0 x 12,0m.** Los resultados de los análisis estadísticos, mostraron que en el año 2004, no hubo diferencias estadísticas entre los tratamientos. La producción media del café con sombrío a 12,0 x 12,0m fue de 199,6 @ de café pergamino seco/ha. No se evidenciaron diferencias estadísticas en el promedio de la producción de las cuatro cosechas de café en su fase de renovación. El promedio general de la producción del sistema café a 1,5 x 1,5m y guamo a 12,0 x 12,0m fue de 226,5@ de café pergamino seco/ha/año.

Al comparar el promedio general de la producción de café obtenida bajo cada arreglo espacial (154,4; 163,2 y 226,5 @ de café pergamino seco/ha), se obtuvo

que entre estas tres medias hay diferencia estadística significativa según prueba de Tukey al 5%. La máxima producción de café se obtuvo con el componente arbóreo (*Inga sp*) plantado a densidades de 70 árboles/ha, y el promedio de la producción obtenida bajo este nivel de sombreado fue 38,8% mayor comparada a la producción con el componente arbóreo a 9,0 x 9,0m, y 46,7% mayor frente a la obtenida con esta misma especie plantada a 6,0 x 6,0m. El promedio de la producción de café obtenida con el componente arbóreo establecido a 9,0 x 9,0m fue 5,7% mayor que la registrada con el sombrío plantado a 6,0 x 6,0m.

#### **Caracterización agronómica de las especies *Eucalyptus grandis*, *Pinus chiapensis*, *Pinus tecunumanii* e *Inga sp*, para ser empleadas como sombrío de cafetales en el departamento del Cauca.**

- Se está evaluando el potencial económico y biológico que como sombrío de cafetales

tienen las especies forestales y el efecto de la intensidad del sombrío sobre la producción del café. Los tratamientos son: café con sombra de *Eucaliptus grandis*, *Pinus chiapensis*, *Pinus tecunumanii* e *Inga* sp. y café a libre exposición solar.

La distancia de siembra del café es de 1,5 x 1,5 m y la del sombrío de 6,0 x 6,0 m. El estudio se realiza en la Finca La Suecia (Smurfit – Carton de Colombia ) y los resultados obtenidos en el año 2005 y el promedio de la producción durante el período 2004 – 2005 se presentan en la Tabla 20.

Los análisis estadísticos realizados a la producción registrada para el café en el año 2005 bajo cada condición de sombreado, indican que entre éstas no hubo diferencias significativas. Las producciones de café obtenidas con los árboles de sombrío de *E. grandis*, *P. chiapensis*, *P. tecunumanii* e *Inga* sp. fueron de 112,1; 107,7; 105,9 y 95,7@ de c.p.s./ha respectivamente, y en el mismo año la producción del cafetal a libre exposición fue de 129,7@ de c.p.s./ha. Entre las producciones medias de las dos cosechas analizadas (2004 y 2005) no se observaron diferencias estadísticas significativas. El promedio de la producción de café con sombrío de *E. grandis*, *P. chiapensis*, *P. tecunumanii* e *Inga* sp. fue de 74,4; 90,8; 78,5 y 65,3@ de c.p.s./ha, respectivamente, y el promedio de la producción del cafetal a libre exposición solar fue de 114,5@ de c.p.s./ha.

### Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la aplicación de enmiendas y de elementos menores.

En la oferta de nuevos materiales de maíz para la zona cafetera resistentes o tolerantes a cercóspora y mancha de asfalto, como resultado del Convenio entre FNC - Fenalce - CIMMYT, se considera necesario lograr todo su potencial productivo con el mejor manejo agronómico posible de dichos materiales. Por tanto, es importante investigar acerca de las necesidades nutricionales del maíz en la zona cafetera. En consecuencia, se estableció un experimento en dos localidades: Tarso (Antioquia) y en la Subestación Experimental Paraguacito, con el propósito de conocer la respuesta del maíz a la aplicación de enmiendas y de elementos menores, como una forma de superar la limitación a la fertilidad de los suelos con pH menor de 5,2.

El análisis de varianza de la primera cosecha, tanto en Tarso como en Paraguacito, mostró respuesta significativa a la aplicación de magnesio (20kg/ha de sulfato de magnesio) y a la aplicación de yeso agrícola (500 kg/ha) un mes antes de la siembra del maíz. En Paraguacito también hubo respuesta a la aplicación de dolomita, lo cual para condiciones similares se convierte en otra opción de enmiendas que pueden emplearse durante el ciclo del cultivo. Este resultado se considera estratégico porque permite superar la limitación de la fertilización de bajo costo y con muy poca anticipación a la época de

**Tabla 20.** Producción de café en el año 2005 y promedio de la producción de dos cosechas (2004 - 2005). Experimento Fit 1016. Subestación Experimental de El Tambo (Cauca).

Tratamientos	Producción @ c.p.s./ha					
	Año	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5
2005		112,1 a*	107,7 a	105,9 a	95,7 a	129,7 a
Media		74,4 a	90,8 a	78,5 a	65,3 a	114,5 a

\*Valores con letras distintas presentan diferencia estadística según la prueba Duncan al 5%.

siembra, pues los caficultores en algunas ocasiones toman la decisión de sembrar estando muy cercana la época de siembra. De otra parte, el yeso agrícola no necesita ser incorporado, evitando así perturbar el suelo. Con relación al magnesio, el resultado es interesante porque la deficiencia de este elemento es bastante frecuente en la zona cafetera.

### **Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) a la fertilización nitrogenada y a la densidad de siembra.**

Al evaluar la respuesta de los híbridos blancos HEZC3054 y HEZC3056 con 90, 120 y 150kg/ha de nitrógeno, se observó que ambos híbridos responden bien a la fertilización nitrogenada con producciones por encima de 10t/ha en Paraguaicito (Quindío) y por encima de 8t/ha en La Catalina (Risaralda). De igual forma, se observó respuesta a la densidad de siembra, lo cual permite concluir que los dos híbridos son aptos tanto para intercalar con café (50.000 plantas/ha) como para sembrarlos en unicultivo (62.500 plantas/ha), de tal manera que 100kg de nitrógeno/ha son suficiente para sembrar maíz intercalado y 150kg de nitrógeno/ha, para maíz en unicultivo.

Los híbridos de maíz blanco HEZC3051, HEZC3054 y HEZC3056, se encuentran registrados ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) como nuevos materiales de maíz mejorados, aptos para la zona cafetera colombiana, de los cuales se espera tener una oferta de semilla de 25 toneladas del HEZC3056 y 7 toneladas del HEZC3054, para el 2006. Por tanto, los caficultores pueden contar con semilla mejorada de maíz que supera los problemas de las dos principales enfermedades foliares comunes en la zona cafetera (cercóspora y mancha de asfalto). Con relación a los materiales amarillos, se está multiplicando la semilla de los parentales para iniciar las pruebas

de eficiencia con 4 ó 5 de estos materiales en el 2006.

### **Proyecto maíz de la zona cafetera: Convenio FNC – CIMMYT - FENALCE.**

En el proceso de obtención de materiales mejorados de maíz (híbridos y variedades) para la zona cafetera, durante este año se desarrollaron las siguientes actividades:

Análisis de los resultados experimentales de los siguientes ensayos sembrados en el 2004B:

- Evaluación de híbridos amarillos ZC04B-1.
- Evaluación de híbridos blancos ZC04B-1.
- Evaluación de híbridos tropicales amarillos y blancos.
- Evaluación de sintéticos amarillos ZC04B-1.
- Evaluación de sintéticos blancos ZC04B-1.
- Evaluación de sintéticos blancos ZC04B.

Estos ensayos se establecieron en las Estaciones Experimentales La Catalina, Paraguaicito, y Líbano, en un diseño experimental lattice con 3 repeticiones. Se registraron: días a floración masculina y femenina, altura de la planta y altura de la inserción de la mazorca (cm), porcentaje de acame o volcamiento de raíz y tallo, incidencia de enfermedades foliares (1 = poco daño, 5 = mucho daño), número de mazorcas podridas, número de mazorcas cosechadas, cobertura de mazorca (%) y textura del grano (1 = cristalino, 4 = dentado).

#### **- Evaluación de híbridos amarillos ZC04B-**

**1.** Se evaluaron nueve híbridos experimentales: seis híbridos triples y tres testigos (H112, HEZC3054, HEZC3056). El híbrido con mayor

rendimiento en las tres localidades fue el HEZC3056 con 9,13t/ha, y el cual produjo en La Catalina 11,72t/ha. El segundo lugar fue para el híbrido H112 con una producción de 8,14t/ha. Los materiales HEZC3056 y H112 son tolerantes a enfermedades (grado 1,7 y 1,4, respectivamente) y poseen textura semi-cristalina (2 y 1,5, respectivamente). Según estos resultados, el híbrido H112 surge como otra opción importante para la zona cafetera, tanto por ser un híbrido amarillo como por poseer alta calidad de proteína (QPM), por tanto, en Antioquia donde se están realizando trabajos de engorde de cerdos puede aprovecharse de manera exitosa la calidad proteica de este maíz.

**- Evaluación de híbridos blancos ZC04B-1.** Se evaluaron nueve híbridos experimentales: siete híbridos triples y dos testigos (HEZC3054, HEZC3056).

**- Evaluación de híbridos tropicales amarillos y blancos.** Se evaluaron 14 híbridos experimentales: siete híbridos triples amarillos, tres blancos (uno triple y dos simples) y cuatro testigos (HEZC3051, HEZC3054, HEZC3056 y DK777 (6,72t/ha). Se ratifica el buen comportamiento del híbrido HEZC3056, tanto por su potencial de rendimiento, como por su textura de grano (1,7) y tolerancia a enfermedades (1,6).

**- Evaluación de sintéticos amarillos ZC04B-1.** Se evaluaron seis materiales sintéticos amarillos con tres testigos (HEZC3054, HEZC3056 y H112). El mayor rendimiento en las tres localidades donde se evaluaron los materiales, se obtuvo con el testigo HEZC3056 (8,05t/ha), seguido del H112 (7,72t/ha) y el HEZC3054 (6,56t/ha).

**- Evaluación de sintéticos blancos ZC04B-1.** Se evaluaron ocho materiales sintéticos amarillos con dos testigos (HEZC3054 y HEZC3056). El mayor promedio de producción en las tres localidades se obtuvo con el

testigo HEZC3056 (8,27t/ha), seguido del HEZC3054 con 7,25t/ha. El rendimiento del mejor sintético fue 5,55t/ha que representa el 67% del rendimiento de HEZC3056.

**- Evaluación de sintéticos blancos ZC04B.** Se evaluaron 11 sintéticos blancos con tres testigos (HEZC3054, HEZC3056 e ICA V354). La mejor producción media en las tres localidades se obtuvo con el testigo HEZC3054 (7,56t/ha), seguido de un sintético con 6,18t/ha, que representa el 81% del rendimiento del HEZC3054. Ambos materiales presentan buena arquitectura de planta así como similar sanidad de la planta (2,4) y pudrición de mazorca (11%).

**- Evaluación de parcelas de validación.** Cinco híbridos experimentales (HEZC3051, HEZC3052, HEZC3054, HEZC3055, HEZC3056) y el testigo DK777 fueron evaluados en cuatro ambientes, dos localidades (La Catalina y Paraguaicito), y en dos épocas de siembra (04A y 04B). Los resultados muestran que con el híbrido HEZC3056, en los cuatro ambientes, se obtuvieron los más altos rendimientos (9,9t/ha), seguido por el testigo DK777 (9,14t/ha). Esta información es útil para inscribir en el ICA al HEZC3056 para su comercialización en la zona cafetera.

### **Disturbio de la raíz bifurcada**

**Efecto de la raíz bifurcada en el crecimiento y desarrollo de la planta de café, en almácigo y en producción.** Se están evaluando dos tratamientos así: 1) Plantas con raíz normal y 2) Plantas con raíz bifurcada. Se trabaja en dos fases: una en costales con suelo para evaluar en forma detallada durante un año la estructura de las raíces y la otra fase en el campo para evaluar el efecto de la raíz bifurcada en la producción durante tres cosechas. Los resultados de las evaluaciones de crecimiento vegetativo, hasta los 24 meses, no muestran diferencias entre los tratamientos en cuanto a la altura

y el número de cruces. Las plantas con raíz normal presentan un promedio de 1,29 m de altura y 28 cruces, mientras que las plantas con raíz bifurcada presentan una altura de 1,25 m y 27 cruces. 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 en el 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.** Este experimento tiene como objetivo establecer las formas de contrarrestar los efectos del disturbio conocido como la crespera, mediante el estudio de su incidencia y su 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 La Betania, Vereda Villarazo, municipio de Villamaría, Caldas, a una altitud de 1.560m, en el 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; y B) Frecuencias de zoqueo: sin zoqueo (Z0), zoqueo a los 12 (Z1), 24 (Z2) y 36 (Z3) meses después de la 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 la presencia de síntomas (plantas con ramas con hojas diminutas o moteados) que podrían estar estrechamente

relacionados con la crespera, hasta los 66 meses, aún no se encontraron diferencias significativas entre los 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.

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

- En promedio se presentó en el experimento una incidencia del disturbio del 3,13%.
- En promedio, los tratamientos de desyerba quincenal y trimestral han presentado menos incidencia.
- Se observa una tendencia hacia el incremento de los síntomas del disturbio con el aumento de la edad de zoqueo.
- El disturbio también ocurre en las nuevas siembras (2,35%).

**- Incidencia en el lote comercial.** En julio de 2002 al 2005 se hizo un reconocimiento general del lote, sobre 5.700 plantas. Para el año 2005, se encontró que la incidencia en el lote después de 66 meses desde la siembra, es de 1,9% de plantas positivas y 0,4% de plantas sospechosas. Las cifras de plantas positivas son superiores en un 0,4% a las registradas en el año 2004, es decir, no se ha registrado un progreso significativo del disturbio en el lote pues todavía se tiene un 98% de las plantas que no muestran síntomas relacionados con el problema.

## **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 implantar nuevas herramientas que darán una visión global de la diversidad de recursos de suelo y clima, y el comportamiento de los cultivos, para así tomar decisiones acertadas a nivel nacional 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 los resultados de la experimentación, los modelos de producción y 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 Cenicafe, en todas las actividades y procesos tanto experimentales como demostrativos, establecidos en las Subestaciones Experimentales Regionales, para que éstas sirvan de modelos para transferir, educar y capacitar a los numerosos visitantes, técnicos y cafeteros, en las nuevas tecnologías, de administración y manejo de sus cultivos y predios.

Para estos fines, Cenicafe pudo disponer hasta septiembre de 2005 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 Cenicafe y en fincas de agricultores en diferentes regiones de la zona cafetera, durante el período de octubre 2004 a septiembre 2005.

### **Proyectos experimentales en las Subestaciones**

**Áreas experimentales y otros usos de la tierra.** En la Tabla 21, se presenta el estado

del uso de la tierra en las Subestaciones a septiembre de 2005.

Los experimentos en café ocuparon 47,7ha (32% menos con relación al año anterior), distribuidas así: café comercial 59,9ha (igual al año anterior), producción de semilla 42,28ha, con un incremento del 35,6%), experimentación en forestales 18,4ha (incremento del 28%) y maíz 7,0ha (incremento del 43%). La ocupación de área por otros cultivos es: guadua 30,92ha, pastos 90,4ha, macadamia 6,8ha, cítricos 10,7ha, plátano 4,5ha, caucho 3,9ha y bosques 92,1ha. A la conservación de aguas se dedican 21,24ha.

El área experimental aprovechable es alrededor de 71,4ha, estando disponibles 14,3ha en La Catalina, 15,0ha en Paraguaicito, 12,9ha en La Estación Central Naranjal, 9ha en Líbano, 7,5ha en Pueblo Bello, 9,4ha en el Tambo, 2,1ha en el Rosario y 1,5ha en Santander.

En fincas particulares se están empleando 7,4ha 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 clave.**

En la Tabla 22, se hace una compilación de los tópicos de investigación que están desarrollándose regionalmente, 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,

Tabla 21. Distribución del área de las Subestaciones según el uso de la tierra. Octubre de 2004 - Septiembre de 2005.

Subestación	USO DE LA TIERRA (HECTÁREAS)														Area Total	Fincas Partic.	Area Exp Dispon.	
	Explos Semilla	Café Com.	Explos Forestal	Platano	Macadamia	Citricos	Cacho	Maiz	Pastos	Bosques	Guadua	Conserv aguas	Infraest.	Otros				
El Tambo	2,35	0,00	6,54	3,90	0,00	0,00	0,00	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,29	9,14	0,00
Paraguacito	2,50	1,40	6,00	2,40	0,17	5,00	1,83	3,01	1,30	4,90	9,63	2,50	1,90	10,56	15,00	57,00	15,00	0,50
La Catalina	7,92	3,80	9,59	0,00	2,50	1,80	6,00	1,80	2,50	0,00	0,00	2,49	1,10	1,00	14,25	40,50	14,25	0,00
Líbano La Trinidad	0,98	7,99	2,16	0,00	0,26	0,00	0,03	1,20	0,00	0,00	0,00	3,44	0,72	1,22	4,29	18,00	4,29	3,20
Líbano La Unión	0,44	0,20	3,95	0,00	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	0,00	0,21	0,01	0,36	4,79	6,00	4,79	0,38
Naranja	24,91	21,34	7,86	5,20	1,00	0,00	2,25	0,00	5,10	64,20	18,00	0,00	5,00	22,33	12,86	177,19	12,86	0,00
El Rosario	1,83	3,42	2,10	1,40	0,12	0,00	0,20	0,00	0,00	5,86	0,39	3,60	2,26	0,08	2,10	21,26	2,10	0,33
Santander	2,07	3,38	1,54	2,50	0,00	0,00	0,00	0,00	7,20	2,98	0,10	1,00	1,10	7,07	1,50	28,94	1,50	2,97
Pueblo Bello	4,70	0,75	20,15	3,00	0,40	0,00	0,40	0,50	76,00	11,61	2,80	8,00	1,70	11,99	7,50	142,00	7,50	0,00
<b>TOTAL</b>	<b>47,70</b>	<b>42,28</b>	<b>59,89</b>	<b>18,40</b>	<b>4,48</b>	<b>6,80</b>	<b>10,71</b>	<b>7,01</b>	<b>92,10</b>	<b>90,35</b>	<b>30,92</b>	<b>21,24</b>	<b>13,79</b>	<b>54,61</b>	<b>71,43</b>	<b>504,18</b>	<b>71,43</b>	<b>7,38</b>

**Tabla 22.** Tópicos que comprenden las investigaciones que se desarrollan en las subestaciones. Octubre de 2004-septiembre 2005

TEMAS DE INVESTIGACIÓN REGIONALES	Área clave	CAUCA El Tambo	QUINDÍO Paraguaitico	RISARALDA La Catalina	TOLIMA Libano	CALDAS Naranjal	ANTIOQUIA El Rosario	SANTANDER Santander	CESAR Pueblo Bello	TOTAL
<b>CLIMA</b>										
Registros climáticos	PA	1	1	1	1	1	1	1	1	8
<b>SUELOS</b>										
Disponibilidad de nutrimentos en la fase líquida del suelo, en suelos cultivados con café.	PA		1							1
Disponibilidad del azufre en el suelo y su relación con la fertilización	PA		1							1
Prácticas de conservación de suelos a nivel de finca cafetera	SA	1	1	1	1	1	1	1	1	8
Var. espacial y temporal nutrimentos	PA					1				1
Efec produc café cultivos intercalados	PA					1				1
Efecto de la fertilización de cafetales antes y después del zoqueo	PA		1		1	1				3
<b>MEJORAMIENTO GENÉTICO DEL CAFETO</b>										
Banco de germoplasma	CE									17
Selección por resistencia completa a la roya	PA	1					1			13
Selección por resistencia incompleta a la roya	PA	1				6				7
Selección por fuentes distintas de resistencia a la roya	PA									13
Selección por posible resistencia a CBD	VE					3				3
Evaluación regional progenies de ctxHT altamente productivas	PA	1	1				1			3
Evaluación mezclas de progenies con resistencia incompleta con y sin control de roya	PA	1	1	1	1					4
Evaluación regional progenies seleccionadas por resistencia incompleta	PA	1	1	2					1	5
Evaluación germoplasma etíope para resistencia a broca	CE					1				1
Selección de progenies candidatas a conformar variedades compuestas con resistencia durable a roya	VE		1	1	1			1	1	5
Desarr poblaciones análisis QTLs utiliz	CE					1				1
Campo de propagación de semillas de caturra	PA					1				1
Perfiles de calidad de materiales arábigos	CCE		1							1

Continúa...



...Continuación

Tabla 22. Tópicos que comprenden las investigaciones que se desarrollan en las subestaciones. Octubre de 2004-septiembre 2005

TEMAS DE INVESTIGACION REGIONALES	Area clave	CAUCA El Tambo	QUINDIO Paraguaicito	RISARALDA La Catalina	TOLIMA Libano	CALDAS Naranjal	ANTIOQUIA El Rosario	SANTANDER Santander	CESAR Pueblo Bello	TOTAL
Campos de Propagación de semilla de variedad Colombia	PA		1	1	14	3	1	1		21
Campos de Propagación de semilla de variedad Tabi	PA				1	2		1	1	5
Campos de Propagación de semilla variedad Castillo orgánica	CCE						1	1		2
Campos de propagación de semilla variedad Tabi orgánica	CCE							1		1
Campos de propagación de semilla variedad Caturra orgánica	CCE							1		1
Campos de propagación de semilla variedad Tipica orgánica	CCE							1		1
<b>OPTIMIZACION SISTEMAS DE SIEMBRA DEL CAFE</b>										
Efecto del disturbio raiz bifurcada sobre la producción	PA					1				1
Formas de optimizar la densidad de siembra	PA	1								1
• Número de plantas por sitio y cape	PA	1								1
Arquitectura e interceptación de radiación	PA		1							1
Determinación del porcentaje pérdida de sitios en cafetales zoqueados	PA			1						1
<b>CULTIVOS INTERCALADOS CON CAFE</b>										
Edad de transplante y cultivos intercalados	PA	1		1		1		1		4
Rotación maíz- frijol-tomate de mesa y manejo de arvenses en zocas	PA	1								1
Evaluación de Germoplasma de Macadamia asociado con café variedad Colombia	PA		1	1						2
Estudio del sis. de producción frijol -relevo maíz -intercalado en zocas y siembras nuevas de Café .	PA				1					1
Sistema producción Frijol relevo Maíz	PA						1			1
<b>SISTEMAS DE RENOVACION DE CAFETALES</b>										
Comparación de cinco sistemas de manejo por renovación	PA				1	1				2
Comparación de cinco formas de implantar los sistemas de manejo	PA					1				1
Comparación de tres formas de implantar los sistemas de manejo	PA				1	1				2

Continúa...

**Tabla 22.** Tópicos que comprenden las investigaciones que se desarrollan en las subestaciones. Octubre de 2004-septiembre 2005

TEMAS DE INVESTIGACION REGIONALES	Area clave	CAUCA El Tambo	QUINDIO Paraguaicito	RISARALDA La Catalina	TOLIMA Libano	CALDAS Naranjal	ANTIOQUIA El Rosario	SANTANDER Santander	CESAR Pueblo Bello	TOTAL
Comparación de sistemas de manejo con base en la poda calavera	PA	1								1
Comparación de ciclos de renovación en el manejo de cafetales	PA									0
<b>CAFES ESPECIALES</b>										
Respuesta en producción del café al sol fertilizado con lombricompuesto	CCE	1		1		1				3
Producción de café, vía orgánica	CCE							1	1	2
<b>MANEJO INTEGRADO DE ARVENSES (MIA)</b>										
Manejo integrado de arvenses (MIA)	PA							1	1	2
Umbrales económicos de arvenses	VE					1				1
Imp. erosión produc café calidad suelo	PA						1			1
<b>NUTRICION DEL CAFETO (Edáfica)</b>										
Efecto de la fertilización con Magnesio en la producción y calidad del café.	PA	1		1	1	1				4
Efecto de la fertilización con calcio en la producción y calidad del café	PA							1		1
Efecto de fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café.	PA			1				1		2
Fertilización del café con Nitrógeno y Potasio en la etapa de crecimiento reproductivo	PA	1		1	1			1		4
Efecto de fertilizantes químicos biológicos.	CCE					1				1
Niveles críticos de los nutrimentos para el cultivo del café	PA	1	1							2
Efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad del café.	PA		1			1				2
Efecto de la fertilización del café al sol fertilizado con lombricompuesto	CCE		1					1		2
Comparación de varias fuentes de fertilizantes en la producción y calidad de café	PA		1							1
<b>MANEJO DE LA BROCA</b>										
Vuelo de adultos de broca en cafetales monitoreado con trampas de alcohol	CE		1	1						2
Métodos de determinación del porcentaje de infestación	VE					1				1

Continúa...

...Continuación

Tabla 22. Tópicos que comprenden las investigaciones que se desarrollan en las subestaciones. Octubre de 2004-septiembre 2005

TEMAS DE INVESTIGACION REGIONALES	Area clave	CAUCA El Tambo	QUINDIO Paraguaicito	RISARALDA La Catalina	TOLIMA Líbano	CALDAS Naranjal	ANTIOQUIA El Rosario	SANTANDER Santander	CESAR Pueblo Bello	TOTAL
Eficacia insecticidas equipos aspersión	PA					1				1
Ev marcadores físicos molecul dispersión	CE					1				1
<b>MANEJO DE ENFERMEDADES</b>										
Evaluación de materiales con resistencia a Ceratocystis fimbriata	CE						1	2		3
Diferenciales de razas de roya	CE		1		1		1			3
Identificación de razas fisiológicas de roya	CE					1				1
<b>MEJORAMIENTO DEL PROCESO DE COSECHA</b>										
Pruebas de recolección mecanizada	VE	1								1
Ef. dist. espac. planta cosech. mec café	VE					1				1
Eva herramienta asistencia cosecha	VE			2			1			3
Eval téc económica cosecha asistida café	VE			1						1
Efecto frecuencias recolección rendimiento	VE			1						1
<b>SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ</b>										
Respuesta a la fertilización bajo diferentes intensidades de sombra	PA								1	1
Evaluación Eucaliptus, Pinus e Inga como sombríos para café	CCE	1								1
Parcela demostrativa V.Colombia en tres densidades y bajo sombra	CCE								1	1
<b>COSTOS DE PRODUCCION</b>										
Costos de producción de café en tres arreglos espaciales, desde el establecimiento hasta la producción (tres cosechas)	VE					1				1
Análisis económico de tres métodos de control de arvenses y su efecto en la producción de café.	VE					1				1
Análisis económico tres sistemas renovación	VE					1				1
<b>SISTEMAS AGROFORESTALES</b>										
Conservación recursos genéticos	SA	1				1	1			3
Procedencias y progenies Tabebuia rosea y Cordia alliodora	SPC	1			1	1		1		5

Continúa...

**Tabla 22.** Tópicos que comprenden las investigaciones que se desarrollan en las subestaciones. Octubre de 2004-septiembre 2005

TEMAS DE INVESTIGACION REGIONALES	Area clave	CAUCA El Tambo	QUINDIO Paraguacito	RISARALDA La Catalina	TOLIMA Libano	CALDAS Naranjal	ANTIOQUIA El Rosario	SANTANDER Santander	CESAR Pueblo Bello	TOTAL
Evaluación de clones de nogal	SPC					1				1
Silvicultura de especies forestales tropicales de alto valor comercial para la reforestación industrial	SPC				1					1
Introducción y evaluación de híbridos de naranja	SPC					1				1
Jardín clonal y vivero de caucho	SPC		1							1
Ensayo de procedencias y progenies para dos especies forestales tropicales de alto valor comercial	SPC		1							1
<b>OTRAS ACTIVIDADES</b>										
Lombricultivo	PA	1	1	1	1			1	1	6
Adaptación de cruza simples subtropicales por tropicales de maíces blancos y amarillos	SPC	3	14	37	20					74
Evaluación agronómica de germoplasma de macadamia sp. En zona cafetera	SPC		1							1
Jardín clonal macadamia", "Macadamia huerto año 69" y "Macadamia 2A y 2B	SPC		1							1
Evaluación de híbridos comerciales de hortalizas	SPC							1		1
Ganado de ceba	SPC						1			2
Evaluación de densidad x fertilización en híbridos blancos de maíz.	SPC			2	1					3
Estudio de poblaciones del híbrido de maíz "Synko" en monocultivo.	SPC			1						1
Comportamiento del híbrido Synko intercalado en zocas de café.	SPC			1						1
Fertilización y densidades de siembra de Maíces Híbridos para zona cafetera	SPC		1							1
Efecto de enmiendas y aplicación de elementos menores en Maíz	SPC		1							1
Evaluación de germoplasma de passifloras MEG1901	SPC		1							1
Evaluación del Maíz híbrido Sinko de Syngenta	SPC		2							2
Observación de los sistemas del número de plantas x sitio vs producción	SPC		1							1
Observación de tres especies forestales como sombrero de cafetales	SPC		1							1
<b>TOTAL</b>		<b>24</b>	<b>45</b>	<b>62</b>	<b>50</b>	<b>84</b>	<b>13</b>	<b>22</b>	<b>11</b>	<b>311</b>

Continúa...

costos de producción, sistemas agroforestales con café, sistemas agroforestales, ceba de ganado, macadamia, y maíz, para un total de 311 diferentes actividades.

En la Tabla 23 se hace un resumen del número de investigaciones por áreas clave de investigación. Su distribución es la siguiente:

Productividad agronómica	134 investigaciones
Viabilidad económica:	20 investigaciones
Calidad y cafés especiales:	16 investigaciones
Sostenibilidad ambiental:	11 investigaciones
Conocimiento estratégico:	29 investigaciones
Divulgación y transferencia:	8 actividades
Sistemas de Producción complementarios:	101 investigaciones

### Experimentos por Disciplinas y Programas de investigación.

La Tabla 24 muestra que a septiembre de 2005 se tenía en las Subestaciones un inventario de 345 experimentos, de los cuales, 144 son experimentos relacionados

con café, 22,5% menos que el año anterior. Además, se han instalado 21 experimentos nuevos, seis de ellos en la Estación Central Naranjal, cuatro en Santander y tres en Paraguaicito y El Rosario. Se terminaron 68 experimentos, y se suspendieron cuatro. Se tuvieron además 108 experimentos en actividades asociadas o complementarias al café y relacionadas con plátano, maíz, macadamia, forestales y ganadería.

La distribución de experimentos por Programas y Disciplinas (Tabla 25), permite observar que la mayor parte de experimentos que se desarrollan en las Subestaciones corresponden a Mejoramiento Genético (33,7%), seguido por Fitotecnia (9,7%) y Suelos (9,3%). En la Estación Central Naranjal se desarrollan 80 experimentos, equivalentes al 31% de los experimentos vigentes. En la Subestaciones El Rosario y Pueblo Bello se encuentra el menor número de experimentos (3,9%).

### Experimentos en fincas particulares.

En fincas particulares y con apoyo de las Subestaciones del Programa de Experimentación, se tienen actualmente nueve lotes experimentales, cuatro de ellos de la Disciplina de Suelos (Tabla 26).

**Tabla 23.** Número de investigaciones por áreas clave en las Subestaciones Experimentales. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

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	1	2	2	0	1	4
Paraguaicito	14	1	2	1	2	1	25
La Catalina	13	5	1	1	1	1	41
Libano	24	1	0	1	1	1	23
Naranjal	47	9	2	2	21	1	3
El Rosario	6	1	1	2	2	1	1
Santander	9	1	6	1	2	1	3
Pueblo Bello	6	1	2	1		1	1
<b>TOTAL</b>	<b>134</b>	<b>20</b>	<b>16</b>	<b>11</b>	<b>29</b>	<b>8</b>	<b>101</b>

**Tabla 24.** Actividad investigativa en las Subestaciones Experimentales de Cenicafé. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

SUBESTACION	NUMERO DE EXPERIMENTOS EN CAFE					NUMERO DE EXPERIMENTOS EN ASPECTOS COMPLEMENTARIOS							TOTAL
	Terminados	Suspendidos	Eliminados	Vigentes	Nuevos	Plátano	Maíz	Macadamia	Forestales	Ganadería	Otros	Exptos	
El Tambo	31	3	0	17	2	0	5	0	1	0	1	60	
Paraguaicito	6	0	0	14	3	0	18	3	1	0	4	49	
La Catalina	13	0	0	8	1	0	41	0	0	0	0	63	
Libano Trinidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Libano Unión	4	1	0	6	2	0	21	0	1	0	0	35	
Naranjal	7	0	0	73	6	0	0	0	2	0	1	89	
El Rosario	5	0	0	7	3	0	0	0	1	0	0	16	
Santander	0	0	0	14	4	0	0	0	1	1	2	22	
Pueblo Bello	2	0	0	5	0	0	0	0	1	0	3	11	
<b>TOTAL</b>	<b>68</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>144</b>	<b>21</b>	<b>0</b>	<b>85</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>345</b>	

**Tabla 25.** Número de experimentos vigentes en las Subestaciones Experimentales por Programas y Disciplinas. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

Localidad	Agronomía		Biología			Poscos		Etia		Apoyos			Convenios		Exp					Fincas					Total	
	Fit	Sue	Ent	Fis	Meg	Pat	Ing	Eti	Acl	Bio	Eco	Sub	Sue	Fit	Fis	Eti	Otro	Exptos								
El Tambo	3	2	0	0	3	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	13								
Paraguaicito	3	4	0	0	7	1	0	1	1	0	0	10	0	0	0	0	0	28								
La Catalina	4	4	1	0	5	0	5	1	1	0	0	41	0	0	0	0	0	62								
Líbano	4	3	0	0	3	1	0	0	1	0	0	21	0	1	0	1	0	35								
Naranjal	6	5	0	0	57	1	1	3	1	0	3	0	0	0	0	0	0	80								
El Rosario	1	1	0	0	3	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	10									
Santander	2	4	0	0	7	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	22									
Pueblo-Bello	2	1	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	8									
Subtotal	25	24	1	0	87	5	7	10	6	1	3	73	8	4	2	0	258									
<b>TOTAL</b>	<b>49</b>		<b>93</b>				<b>7</b>	<b>10</b>	<b>10</b>			<b>73</b>	<b>8</b>	<b>8</b>			<b>258</b>									

**Tabla 26.** Tópicos de investigación que se desarrollan en fincas. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

Temas de investigación regionales	Cauca El Tambo	Quindío Paraguaicito	Risaralda La Catalina	Tolima Líbano	Caldas Naranjal	Antioquia El Rosario	Santander Santander	Cesar Pueblo Bello	Total
<b>SUELOS</b>									
Disponibilidad del azufre en algunos suelos de la zona cafetera colombiana y su relación con la fertilización		1				1			2
<b>CAFÉS ESPECIALES</b>									
Producción de café, vía orgánica							1		1
<b>NUTRICION DEL CAFETO (Edáfica)</b>									
Comparación de cinco sistemas de manejo por renovación				1					1
<b>NUTRICION DEL CAFETO (Foliar)</b>									
Efecto de cuatro fertilizantes foliares sobre la productividad del cafeto						1			1
<b>MANEJO DE ENFERMEDADES</b>									
Incidencia y efecto de la cresperra en siembras y zocas de café					1				1
<b>SISTEMAS AGROFORESTALES CON CAFÉ</b>									
Evaluación Eucaliptus, Pinus e Inga como sombríos para café	1								1
<b>SISTEMAS AGROFORESTALES</b>									
Silvicultura de especies forestales				1					1
Conservación recursos genéticos	1								1
<b>TOTAL</b>	<b>2</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>2</b>	<b>1</b>		<b>9</b>



## **Producción de semillas de variedades de café mejoradas**

### **Producción de semilla de las variedades**

**Castillo.** La estrategia de diversidad genética para el desarrollo de nuevos cultivares con resistencia a enfermedades, excelentes características agronómicas y de fácil aceptación por parte de los caficultores, permitió a Cenicafé, la liberación de la variedad Castillo, variedad con resistencia a la roya del cafeto, con características de granulometría, calidad y productividad, similares o superiores a las de otras variedades tradicionalmente cultivadas, y con adaptabilidad a las condiciones de la zona cafetera de Colombia. Fue denominada así por el Comité Directivo de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, mediante resolución 03 de mayo 13 de 2005. Así mismo, a partir de las líneas que componen la variedad Castillo, se desarrollaron seis variedades de uso regional, las cuales muestran una mejor adaptación a regiones particulares. Estas variedades se denominaron: Variedad Castillo El Rosario, Variedad Castillo Naranjal, Variedad Castillo Paraguaicito, Variedad Castillo La Trinidad, Variedad Castillo Pueblo Bello, Variedad Castillo Santa Bárbara.

En la Tabla 27 se registra la población actual de plantas disponibles en las Subestaciones para la multiplicación de semilla. Se tiene un parque productivo alrededor de 347.066 plantas, de las cuales 319.770 (92,1%) corresponden a la variedad Castillo y 17.966 (5,1%) a la variedad Tabi. Cerca del 30% del parque de variedad Castillo podrá utilizarse para la producción de las semillas regionales. De la variedad Castillo orgánica se tienen 9.330 plantas.

En la Estación Central Naranjal, se tienen 116.305 (33,5%) plantas de variedad castillo 68.409 (19,7%) en el Líbano, 29.228 (8,4%) en Santander y 26.266 (7,6%) en El Rosario

En la Tabla 28 puede observarse la producción de semilla en las Subestaciones. En total, se produjeron durante el período 32.979,5kg de variedad Castillo y en bodega se tenían 3.252kg, los cuales se entregaron en su totalidad a los caficultores (35.231,5kg).

### **Producción de semilla de la variedad Tabi.**

En la Subestación Santander se produjeron 859kg, los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: Norte de Santander: 235kg, Cesar – Guajira 210kg, Santander: 140kg, Magdalena: 90kg, Boyacá: 88kg, Cundinamarca: 53kg, Programa Experimentación: 31kg, Cooperativa de Támara: 12kg.

En la Subestación Pueblo Bello se produjeron 1.565kg, los cuales fueron entregados en su totalidad al Comité de Cafeteros de Cesar-Guajira.

**Distribución de semilla.** En las Tablas 29 y 30 se discrimina por Comités de Cafeteros, la entrega de semilla en el lapso octubre de 2004 - septiembre de 2005. Se entregaron 32.666,5kg de variedad Castillo y 2.464kg de Tabi. Antioquia, Cauca, Valle, Caldas, Tolima, Cundinamarca y Santander fueron los mayores consumidores de variedad Castillo mientras que Cundinamarca, Norte de Santander y Cesar-Guajira lo fueron de Tabi.

En la Tabla 31 se hace un comparativo de la demanda de semilla variedad Castillo para los años cafeteros 2001, 2002, 2003, 2004 y 2005. Se observa con relación al año anterior, una disminución importante de la oferta en cerca de 10.000kg.

## **Transferencia de resultados**

Una de las actividades más importantes de las Subestaciones Experimentales de Cenicafé es servir como centros regionales para la difusión de los resultados obtenidos con los experimentos que se desarrollan en

Tabla 27. Parque productivo de semilla 2005 - 2006.

Subestaciones Experimentales	Tipo semilla	Estado vegetativo y año de intervención	Distancia siembra	N° Sitios	Area semilla (ha)	Total tallos 2005	Total Tallos en producción 2005	Total tallos 2006	Total Tallos en producción 2006	Producción cps estimada 2006	Producción Semilla estimada 2006
LIBANO	CASTILLO	SIEMBRA 11-04	2x1	5.090	1,1	10.180	0	10.180	10.180	2.000	1.600
LIBANO	CASTILLO	SIEMBRA 06-05	2x1	18.738	4,0	36.738	0	0	0	0	0
LIBANO	CASTILLO	SIEMBRA 10-99	1x1	16.646	1,8	15.763	15.763,0	15.763,0	0	0	0
LIBANO	CASTILLO	SIEMBRA 11-99	2x1	2.895	0,6	5.728	5.728,0	5.728,0	0	0	0
<b>Subtotal</b>				<b>43.369</b>	<b>7,5</b>	<b>68.409</b>	<b>21.491</b>	<b>31.671</b>	<b>10.180</b>	<b>2.000</b>	<b>1.600</b>
LA CATALINA	CASTILLO	ZOCA 02-05	2 X 1	1.556	3,35	23.112	-	23.112	23.112,00	2.314,0	1.149,0
LA CATALINA	CASTILLO	ZOCA 02-05	2 X 1	1.800	0,45	1.800	1.800	3.600			
<b>Subtotal</b>				<b>13.356</b>	<b>3,8</b>	<b>24.912</b>	<b>1.800</b>	<b>26.712</b>	<b>23.112</b>	<b>2.314</b>	<b>1.149</b>
PARAGUAICITO	CASTILLO	ZOCA 2004	2 X 1	4.000	0,8	8.000		8.000	8.000	3.500	3.000
PARAGUAICITO	CASTILLO REGIONAL	ZOCA 2003	2 X 1	504	0,08	504	504	504	504	400	300
<b>Subtotal</b>				<b>4.504</b>	<b>0,88</b>	<b>8504</b>	<b>504</b>	<b>8504</b>	<b>8504</b>	<b>3.900</b>	<b>3300</b>
MARACAY	CASTILLO	ZOCA 02-05			1,1	11.160	11.160	11.160	11.160	2.232	2.009
MARACAY	CASTILLO	ZOCA 02-04			3,4	33.696	33.696	33.696	33.696	20.218	18.196
MARACAY	CASTILLO	ZOCA 02-03			1,6	15.904	15.904	15.904	15.904	9.542	8.588
<b>Subtotal</b>					<b>6,1</b>	<b>60.760</b>	<b>60.760</b>	<b>60.760</b>	<b>60.760</b>	<b>31.992</b>	<b>28.793</b>
NARANJAL	CASTILLO	ZOCA 05-01			6,7	38.416	14.099	38.416	24295	4.814	2800
NARANJAL	CASTILLO	SIEMBRA 00-2									
NARANJAL	CASTILLO	SIEMBRA 01-2			9,8	70.575	70.575	70.575	50.261	20.000	12000
NARANJAL	CASTILLO	SIEMBRA 04-2			1,5	7.314	0	7.314	7.314	1.500	750
<b>Subtotal</b>					<b>18</b>	<b>116.305</b>	<b>84.674</b>	<b>116.305</b>	<b>81.870</b>	<b>26.314</b>	<b>15.550</b>
ROSARIO	CASTILLO	SIEMBRA 98-2			0,38	2.560	2.560	2.560			
ROSARIO	CASTILLO	SIEMBRA 99-2			0,60	5.100	5.100	5.100			
ROSARIO	CASTILLO	SIEMBRA 01-2			0,62	5.446	5.446	5.446	5.446	2.160	1800
ROSARIO	CASTILLO	ZOCA 03-1			0,61	4.400	4.400	4.400	4.400	2.160	1800
ROSARIO	CASTILLO	ZOCA 04-1			0,61	3.768	3.768	3.768	3.768	1.200	1000
ROSARIO	CASTILLO	ZOCA 05-1			0,64	4.992		4.992	4.992	480	400

Continúa...

Tabla 27. Parque productivo de semilla 2005 - 2006.

Subestaciones Experimentales	Tipo semilla	Estado vegetativo y año de intervención	Distancia siembra	N° Sitios	Area semilla (ha)	Total tallos 2005	Total Tallos en producción 2005	Total tallos 2006	Total Tallos en producción 2006	Producción cps estimada 2006	Producción Semilla estimada 2006
<b>Subtotal</b>					<b>3,46</b>	<b>26.266</b>	<b>21.274</b>	<b>26.266</b>	<b>18.606</b>	<b>6.000</b>	<b>5.000</b>
SANTANDER	CASTILLO	SIEMBRA 99-1	2,0 x 1,0 m	2.762	0,55	5.524	5.524	0	0	0	0
SANTANDER	CASTILLO	SIEMBRA 99-2	2,0 x 1,0 m	2.288	0,46	4.576	4.576	4.500	4.500	8	750
SANTANDER	CASTILLO	SIEMBRA 04-2	2,0 x 1,0 m	2.257	0,45	4.514	0	4.514	4.514	8	850
<b>Subtotal</b>				<b>7.307</b>	<b>1,46</b>	<b>14614</b>	<b>10.100</b>	<b>9014</b>	<b>9014</b>	<b>16</b>	<b>1600</b>
<b>SUBTOTAL CASTILLO</b>					<b>41,2</b>	<b>19.770</b>	<b>200.603</b>	<b>279.232</b>	<b>212.046</b>	<b>101.304</b>	<b>88.959</b>
ROSARIO	CASTILLO Orgánico	SIEMBRA 03-01			0,6	1.864	1.864	1.864	1.864	1.200	800
NARANJAL	CASTILLO Orgánico	SIEMBRA 03-11			1,2	4.476	0	4.476	4.476	1.400	840
SANTANDER	CASTILLO Orgánico	SIEMBRA 04-12	2,0 x 1,0 m	1.495	0,30	2.990	0	2.990	2.990	6	600
<b>SUBTOTAL CASTILLO ORGANICO</b>					<b>2,1</b>	<b>9.330</b>	<b>1.864</b>	<b>9.330</b>	<b>9.330</b>	<b>2.606</b>	<b>2240</b>
SANTANDER	TABI	SIEMBRA 98-09	2,2 x 1,7 m	2.287	0,86	2.287	2.287	0	0	0	0
NARANJAL	TABI	SIEMBRA 06-05			3,7	9440	0	9.440	0		
LIBANO	TABI	SIEMBRA 04-05			0,2	1.020					
SANTANDER	TABI orgánico	SIEMBRA 04-10	2,5 x 1,5 m	969	0,36	969	0	969	969	4	400
NARANJAL	TABI orgánico	TABI 06-04			0,85	2.250	0	2250	2250	800	500
PUEBLO BELLO	TABI	ZOCA 03-02			0,75	2000					
<b>SUBTOTAL TABI</b>					<b>7</b>	<b>17.966</b>	<b>2.287</b>	<b>12.659</b>	<b>3.219</b>	<b>804</b>	<b>900</b>
<b>TOTAL GENERAL</b>					<b>50</b>	<b>347.066</b>	<b>204.754</b>	<b>301.221</b>	<b>224.595</b>	<b>104.714</b>	<b>92.099</b>

**Tabla 28.** Producción de semilla durante el período octubre de 2004 a septiembre de 2005.

Subestación	Varietad Castillo Kg	Castillo Regional Kg	Castillo Orgánica Kg	Varietad Tabi Kg	Tabi Orgánica Kg	Tipica
Rosario	4.995	0,0	7	0,0	0,0	0,0
Libano	8.279	0,0	0,0	0,0	0,0	40
Santander	6.087,5	0,0	0,0	812,0	0,0	0,0
Maracay	2215	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Paraguaicito	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Naranjal Castillo	10.403	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
La Catalina	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Pueblo Bello	0,0	0,0	0,0	1.565	0,0	0,0
<b>TOTAL</b>	<b>31.979,5</b>	<b>0,0</b>	<b>7</b>	<b>2.377</b>	<b>0,0</b>	<b>40</b>

**Tabla 29.** Distribución de semilla variedad Castillo a los Comités de Cafetero. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

Comité/ otros	2004			2005									Total
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
Antioquia	460	1.907	1.132	600	1.259	240		197	199,5	201	99	343	6.637,5
Boyacá	60	60			19,5						90	90	319,5
Caldas	720	621		450	300	150		79,5	30	292,5	169,5	199,5	3.012
Cauca	795	1.408,5	400,5		499,5	270		60	300	261	210	210	4.414,5
Cesar-Guajira													0
C/marca		510	499,5		250,5	240		60	150	130,5	90	360	2.290,5
Huila	441	315	15		411	90		60	120	60	90	90	1.692
Mg/lena	399				49,5								448,5
Nariño	100,5				99			60	40,5				300
Norte Santander	90	1050			559,5								1.699,5
Quindío	249	363			300	90		60		286,5	90	150	1.588,5
Risaralda	360	60	90	249	210	90		60		162	180	360	1821
Santander	300	990	450	250	330		228,5			12			2.560,5
Tolima		483			420	90		61,5	201	150	183	156	1.744,5
Valle	529,5		499,5		1.500	390		60	420	102	210	240	3951
Oficina Enlace (Cag, Cas, Meta)					19,5				42		10,5	42	114
Gerencia Técnica (regional)											254		254
Gerencia Técnica (Castillo)											199,5		199,5
Otros	43,5		61,5	7,5	85,5	1,5	3	37,5	82,5	72	137,5	87,5	619,5
<b>TOTAL</b>	<b>4.547,5</b>	<b>7.767,5</b>	<b>3.148</b>	<b>1.556,5</b>	<b>6.312,5</b>	<b>1.651,5</b>	<b>231,5</b>	<b>795,5</b>	<b>1.585,5</b>	<b>1.729,5</b>	<b>2.013</b>	<b>2.328</b>	<b>33.666,5</b>

**Tabla 30.** Distribución de semilla variedad Tabi a los Comités de Cafetero. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

Comité/otros	2004			2005									Total
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	
Antioquia													0,0
Boyacá	16,0	60,0			12,0								88,0
Caldas													0,0
Cauca													0,0
Cesar-Guajira	60,0	150,0	1565,0										1775,0
C/marca					53,0								53,0
Huila					12,0								12,0
Mg/lena	30,0	60,0											90,0
Nariño													0,0
Norte Santander	53,0	115,0			60,0								228,0
Quindío									15,0				15,0
Risaralda												3,0	3,0
Santander	11,0	79,0		15,0	35,0		18,0			12,0			170,0
Tolima					12,0								12,0
Valle													0,0
Oficina Enlace (Caq, Cas, Meta)					12,0								12,0
Gerencia Técnica (regional)													0,0
Gerencia Técnica (Castillo)													0,0
Otros					5,0						1,0		6,0
<b>Total</b>	<b>170,0</b>	<b>464,0</b>	<b>1.565,0</b>	<b>15,0</b>	<b>201,0</b>	<b>0,0</b>	<b>18,0</b>	<b>0,0</b>	<b>15,0</b>	<b>12,0</b>	<b>1,0</b>	<b>3,0</b>	<b>2.464,0</b>

**Tabla 31.** Comparativo de distribución de semilla. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

Tipo de Semilla	Oct 2000 - Sep 2001	Oct 2001 - Sep 2002	Oct 2002 - Sep 2003	Oct 2003 - Sep 2004	Oct 2004 - Sep 2005
<b>Variedad Castillo</b>	37.693,5	27.828,0	30.374,5	40.334,5	33.666,5
<b>Tabi</b>	1588,5	990,5	1.642,0	1.896,0	2.464,0
<b>Total</b>	<b>39.282,0</b>	<b>28.818,5</b>	<b>32.016,5</b>	<b>42.230,5</b>	<b>36.130,5</b>

cada una y mediante la capacitación a un numeroso grupo de visitantes vinculados con la caficultura o el sector agrícola en general.

Las Subestaciones fueron un importante apoyo para la difusión de resultados de las investigaciones a nivel regional, mediante el apoyo logístico para días de campo como se muestra en la Tabla 32. Se tuvo

la participación de 2.651 personas en esta actividad.

Durante el período del informe se atendieron un total de 6.357 visitantes, de los cuales el mayor número se atendió en las Subestaciones El Rosario y La Catalina.. Los temas de mayor interés relacionados con las visitas se presentan en la Tabla 33.

**Tabla 32.** Días de campo. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

Subestación	Actividad	No. de Participantes	Patrocinadores
El Tambo			
La Catalina	Beneficio (aseguramiento de la calidad)	617	COMITE RISARALDA-FENALCE
Líbano	Apoyo logístico día de campo Maíz y Café	1.420	FENALCE-CIMMYT-COMITE TOLIMA-FEDERACAFE
El Rosario	Tecnología del cultivo del cafeto capacitación 9 días	364	"COMITÉ DE CAFETEROS DE ANTIOQUIA FUNDACAFÉ ADMINISTRACIONES MUNICIPALES"
Pueblo Bello	Maíz	250	FENALCE - COMITÉ CAFETEROS
<b>Total</b>			

**Tabla 33.** Actividades de difusión de los resultados de las investigaciones a nivel regional. Octubre de 2004 a septiembre de 2005.

Subestación	Beauveria	Beneficio T	Becolsub	Lombric	Exptos Café	Broca	Admon	V. Col	Rec Nties	Selector	Ganaderia	Café Orgánico	Maíz
El Tambo		X	X	X	X		X	X					
Paraguacito	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
La Catalina		X	X	X	X	X	X	X	X				X
Líbano	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Naranjal				X	X	X	X	X		X			
El Rosario	X		X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
Santander	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pueblo Bello	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X

## V. Controladores Biológicos y Biodiversidad

### Micorrizas y control de nematodos.

La actividad de identificación parcial de micorrizas arbusculares (MA) en los hospedantes espárrago, tomate, maíz, pimentón, granadilla, maracuyá, curuba, lulo La Selva, lulo Castilla, guayaba, arboloco, cedro rosado, guayacán amarillo, guayacán rosado y heliconias, confirmó que las especies *Acaulospora mellea*, *Acaulospora morrowiae*, *Acaulospora scrobiculata*, *Acaulospora denticulata* y *Entrophospora colombiana*, fueron las especies predominantes en los hospedantes evaluados. La población de los nematodos noduladores del género *Meloidogyne* que atacan las raíces de plantaciones de café puede reducirse en áreas con alta presencia de éstos, con la realización de prácticas integrales que eliminen hospedantes alternos, la siembra de plantas no susceptibles al ataque de los nematodos de manera que estimulen el equilibrio de la microbiota nativa y el empleo de organismos benéficos para las plantas como las micorrizas arbusculares y hongos entomonematodos, desde las etapas iniciales del cultivo. Se subraya la conveniencia para el caficultor de no llevar plantas de café al campo con ataques de estos nematodos.

### Efecto del producto biológico Tricho-D en el manejo de *Rhizoctonia Solani* en germinadores de café.

Con el fin de evaluar el efecto protector del producto biológico Tricho-D (ingrediente activo *Trichoderma harzianum*) en semilleros de café contra el ataque de *Rhizoctonia solani*, se realizó un experimento en condiciones de germinador y en casa de mallas, empleando semillas de café de la var. Colombia, las cuales se sembraron en bandejas plásticas (260 semillas/bandeja) con arena sin esterilizar.

Para evaluar el efecto de *T. harzianum* sobre *R. solani*, se empleó el hongo patógeno en forma natural e inoculado y como testigo de referencia el tiabendazol (Mertect). Se evaluaron el porcentaje de germinación y la incidencia de *R. solani* en las semillas de café, 45 y 75 días después de sembradas (130 semillas por evaluación). A los 45 días se registraron porcentajes de germinación de 62, 44 y 43%, en los tratamientos con tiabendazol, Tricho-D y el testigo absoluto, respectivamente. Posteriormente, en la evaluación con la aplicación del fungicida se obtuvo el 80% de germinación, mientras que con la aplicación del producto biológico este valor fue del 91%. Con respecto a la incidencia de *R. solani*, a los 45 días después de sembradas las semillas, éstas no presentaron síntomas de la enfermedad en ninguno de los tratamientos evaluados. A los 75 días se observaron los síntomas de la enfermedad principalmente, en el testigo absoluto y en el testigo inoculado con *R. solani*. El testigo absoluto registró 18% de enfermedad, comparado con los dos tratamientos donde se aplicó *T. harzianum* y el fungicida, que tuvieron 1,0 y 1,3% de infección, respectivamente. Cuando se inoculó el hongo patógeno al sustrato, el nivel de infección del café en estado de fósforo fue de 51%, comparado con el tratamiento donde se aplicó primero el hongo antagonista y posteriormente el patógeno, el cual tuvo una infección de 22%. Es claro que a pesar de la inoculación del hongo patógeno el antagonista disminuyó la enfermedad en un 29%.

### Actividad antifúngica de metabolitos del biocontrolador *Beauveria bassiana* sobre la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*).

*Beauveria bassiana* es un hongo entomopatógeno utilizado en el control biológico de plagas. Su acción se atribuye en parte a la producción de metabolitos secundarios como las

toxinas Beauvericina (BEA) y Basianina. Con financiación del Ministerio del Medio Ambiente se propuso complementar la evaluación iniciada en el año 2004, sobre la actividad antimicrobial de metabolitos de *B. bassiana* usando como modelo la roya del cafeto. Cultivos líquidos de aislamientos del biocontrolador seleccionados con base a su diversidad genética y la capacidad de producción de BEA (PdB), fueron asperjados sobre plantas de *C. arabica* var. Caturra, que posteriormente se inocularon con una gota de 10ul a una concentración de  $6,5 \times 10^4$  urediniosporas/ml. Al evaluar las curvas de la enfermedad construidas con base en los índices de infección no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos pero sí de éstos frente a los testigos, para todos los días evaluados. Se encontró un efecto protector que inhibía la germinación y retardaba el desarrollo de la enfermedad, así como un efecto inductor, que dio como resultado una reducción significativa de la cantidad de enfermedad con una sola aplicación. Se abre un campo potencial para el uso de estos metabolitos como herramientas complementarias de manejo de enfermedades, tanto en café como en otros cultivos.

## VI. Manejo de Enfermedades

### Roya del cafeto

#### Resistencia simultánea a llaga macana y roya en materiales promisorios de café.

Se están evaluando dos materiales. Un primer material, proveniente de 6 progenies en tercera generación, producto del cruzamiento entre (F3 de Borbón resistente a macana x Caturra) x Híbrido de Timor, del cual se seleccionaron 16 plantas con resistencia alta a *Ceratocystis fimbriata* y a *Hemileia vastatrix*, con mínimos niveles de vaneamiento en

cereza y defectos del grano, más del 75% de grano tipo supremo y buenas características morfológicas de la almendra. El segundo material, fue una selección de 16 progenies en F2 del cruzamiento entre (sobresalientes III - F4 de Borbón resistente a macana x Caturra) x variedad Colombia; de éstas se seleccionaron 30 plantas (F3) con resistencia media y alta a la llaga macana y a la roya del cafeto, y más de 72% de grano tipo supremo. Con estos dos materiales se continuarán los trabajos hasta obtener las progenies en F5, resistentes simultáneamente a los dos patógenos, para que esté a disposición de los caficultores colombianos.

### Otras enfermedades del café

#### El disturbio denominado "Chamusquina" en cafetales de altura del departamento del Huila.

El trabajo de control químico en el campo, utilizando fungicidas e insecticidas sistémicos, no mostró resultados confiables para su análisis, debido a que las plantas de los testigos absolutos mostraron niveles bajos de daño por chamusquina y por muerte descendente. Trabajos histológicos mostraron estructuras semejantes a conidios entre tejidos afectados por chamusquina y picnidios en tejidos afectados por muerte descendente. Nuevos trabajos en el laboratorio, con muestras de plantas afectadas por chamusquina y muerte descendente, enviadas de La Plata (Huila), generaron aislamientos de hongos como *Phoma* spp, *Colletotrichum* spp, *Fusarium* spp y *Alternaria* spp. Las pruebas de patogenicidad solamente fueron positivas con un aislamiento de *Colletotrichum* spp. (inoculación por gota), y generaron lesiones necróticas en hojas tiernas desprendidas al punzarlas con un alfiler entomológico y almacenarlas en cámaras húmedas, bajo condiciones de la temperatura imperantes en el laboratorio. Igualmente, se obtuvieron síntomas característicos de muerte descendente en las inoculaciones con aislamientos de *Phoma* spp., tanto en hojas desprendidas



como en inoculaciones en plántulas al utilizar trozos de micelio sobre las hojas tiernas, almacenadas a 19°C y 90% de humedad.

**Verificación y caracterización del agente causante, y búsqueda del vector de la crespeta del cafeto.** Los resultados de las investigaciones sobre la evidencia de los síntomas y la detección del fitoplasma en especies de plantas leñosas, coinciden en que se debe esperar a que pasen dos años o más para que sean detectados. Por tal motivo, fue necesario marcar y conservar dentro de la casa de malla, en condiciones controladas, por espacio de cuatro años los materiales inoculados por las 14 especies de insectos chupadores, esperando la aparición de los síntomas o la multiplicación del fitoplasma a niveles lo suficientemente altos como para ser detectados. Los trabajos se realizaron con la prueba de PCR-anidada, la cual permitió confirmar la presencia del fitoplasma en las plantas inoculadas por la especie *Clinonella declivata*, Homoptera: *Cicadellidae*. Los análisis de la secuencia encontrada proveniente de las plantas analizadas, hasta ahora permiten afirmar que esta especie es el vector de la crespeta del cafeto presente desde 1940 en determinadas zonas cafeteras de Colombia. La secuencia parcial, aislada de las plantas inoculadas con *C. declivata*, pertenece al grupo (X-Disease 16SrIII). Al compararla con otras secuencias de fitoplasmas ubicados en este grupo fue posible observar porcentajes de similitud de 98%, con fitoplasmas causantes de la enfermedad escoba de bruja en calabaza, machorreo del lulo y crespeta del cafeto, correspondientes a las accesiones números AF147706, AY731819 y AY525125, respectivamente. En el proceso de secuenciación no se tomó la totalidad del fragmento amplificado, quedando las regiones extremas pendientes del análisis. Con los procedimientos anteriormente mencionados se tendrá más certeza de la presencia del fitoplasma y servirán para establecer su clasificación taxonómica. El conocimiento sobre la especie vectora, permitirá establecer

estrategias en cuanto al control de este insecto vector y en especial, el manejo de las plantaciones afectadas.

## VII. Bioinformática

### Desarrollo de un software para simular la dinámica de poblaciones de la broca del café, *Hypothenemus hampei*.

La broca del café es la principal plaga que afecta económicamente el cultivo del café en Colombia, para un mejor conocimiento y predicción de la dinámica de sus poblaciones se requiere usar herramientas de simulación de sistemas dinámicos, para hacer investigaciones y probar hipótesis sobre el sistema. El modelo de simulación se desarrolló en Microsoft Visual Studio.Net 2003, como motor de base de datos se utilizó Microsoft SQL Server 2000 Developer Editions, y para el análisis y diseño se utilizó 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 una base de datos donde se almacenan los parámetros como: floraciones, etapas de maduración de los frutos y estados de desarrollo de la broca, entre otros, para su representación 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 el campo. El sistema permite simular nuevas estrategias de control de la broca, para evaluar su efecto sobre el modelo sin tener que hacerlo experimentalmente; esto

conlleva a obtener ahorros importantes en la investigación.

## VIII. Fisiología 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 transformada 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 consiste en identificar los genotipos que presenten una enzima (Rubisco) catalíticamente más eficiente, determinando las diferencias de los genes que determinan su herencia y adicionalmente, su participación en el intercambio gaseoso.

Por lo anterior, se estudió 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 Rubisco en los 23 genotipos cultivados bajo ambiente controlado y a libre exposición no se diferencia estadísticamente.

Sin embargo, debido a la baja irradiancia en el fitotrófon, se escogió para el estudio el material obtenido de plantas que crecieron a libre exposición.

La actividad de Rubisco de cafeto en plantas de 18 genotipos, cultivados a plena exposición, es muy variable (entre  $0,2172 \mu\text{mol NADH g}^{-1}$  peso fresco  $\text{min}^{-1}$  en el genotipo Kent y  $3,68 \mu\text{mol NADH g}^{-1}$  peso fresco  $\text{min}^{-1}$  en el genotipo Mundo Novo Brasil). Con base en el análisis de Tukey, pueden establecerse tres grupos diferentes estadísticamente, así: 1). Mundo Novo Brasil, 2). Etiópe 167 y 3). AR56, KF03, K7, Harrar, Borbón, Dilla y Alge, F502, Blue Mountain, Rume Sudán, SL28, Etiópe87, *Coffea eugenioides*, Típica, *Coffea liberica*, Caturra y Kent. Esta variabilidad puede ser explicada por las diferencias en las constantes de Michaelis-Menten de Rubisco de los 18 genotipos. Este criterio puede utilizarse para evaluar la variabilidad genética en poblaciones de cafeto.

La mayor parte de los genotipos con alta actividad de Rubisco en base fresca, son tetraploides y sólo dos de ellos son diploides, lo cual se encuentra asociado con un mayor contenido de la enzima en el tejido foliar. La actividad de Rubisco en términos de peso fresco foliar, está altamente correlacionado con la actividad con base en el contenido de clorofila ( $R^2=0,67$ ) y con el contenido de proteína soluble total foliar ( $R^2=0,4$ ). Según este resultado, la actividad con base en el peso fresco puede resultar útil como medida de la variabilidad de la actividad de la enzima en los diferentes genotipos. Sin embargo, un estimador más adecuado y confiable de la variabilidad genética de los diferentes genotipos de cafeto estudiados, es el ordenamiento de ellos de acuerdo con la actividad específica de Rubisco ( $\mu\text{mol NADH mg}^{-1}$  proteína soluble foliar  $\text{min}^{-1}$ ).

La variación de la asimilación neta (A) ( $\mu\text{mol}_{\text{CO}_2} \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ) depende en alta proporción de la actividad específica de Rubisco ( $\mu\text{mol NADH mg}^{-1}$  proteína soluble foliar total) en

los tejidos foliares de 18 genotipos de cafeto ( $R^2 = 0,647$ ), que crecieron a plena exposición solar.

En los 23 genotipos de cafeto cultivados a plena exposición, los valores de  $K_{m_{HCO_3}}$  variaron entre 10,2 y 34,5  $\mu M$ . La  $K_M$  (RuBP) varió entre 15,83  $\mu M$  para el genotipo Kent y 118,9  $\mu M$  para la variedad Colombia (promedio de  $K_M = 59,97 \mu M$ ). Estos resultados indican que la variación en la actividad de carboxilación de Rubisco y en sus características cinéticas, es consistente con la variación de la asimilación del  $CO_2$  por el área foliar en las plantas  $C_3$ .

Se encontró una asociación baja entre la actividad específica de la enzima y la  $K_{m_{CO_2}}$  ( $R = 0,014$ ), la cual explica sólo una pequeña parte de la variación de la actividad específica de Rubisco, como función de la variación en la  $K_{m_{CO_2}}$  ( $R^2 = 0,091$ ). El grado de asociación ( $R$ ) entre  $K_{m_{CO_2}}$  y  $K_{m_{RuBP}}$  es del orden de 0,352.

Entre los genotipos más eficientes identificados mediante la comparación entre actividad específica y asimilación de  $CO_2$ , se encuentran accesiones de *Coffea arabica* altamente productivas (tetraploides) como Caturra, variedad progenitora de la variedad Colombia y Mundo Novo, y dos especies diploides (*C. liberica* y *C. eugenoides*). Este grupo puede ser considerado como un grupo élite de genotipos con alta productividad y como nuevas fuentes de variabilidad útiles para ampliar la base genética de los cafetos.

El contenido de Rubisco en la proteína soluble total foliar de los 23 genotipos de cafeto, estimado mediante electroforesis de cohete, varió entre 8,85 y 45,68%. Este resultado confirma en cafeto los datos consignados en la literatura, según los cuales Rubisco constituye hasta el 50% de la proteína soluble total foliar de las plantas.

La secuencia N-amino terminal encontrada para la subunidad S de Rubisco de la

variedad Colombia es RQVWPPRGLKKYETL, y tiene un alto porcentaje de homología con las secuencias encontradas en diferentes especies como tabaco (*Nicotiana tabacum*), espinaca (*Spinacea oleracea*) y *Coffea arabica* cv Caturra. La secuencia aminoacídica encontrada corresponde al fragmento que se inicia con la posición 59, mientras que la secuencia precedente corresponde al péptido necesario para la transferencia del péptido SSU hasta el cloroplasto.

La temperatura óptima a la cual los iniciadores se alinearon con el ADN de los genotipos tetraploides y se logró la amplificación del gene *rbcS* fue de 60°C, mientras que para lograr una buena eficiencia de amplificación del gene *rbcS* del genoma diploide, la temperatura fue de 55 °C.

Los genes *rbcS* de *C. canephora*, de variedad Colombia y de Mundo Novo, son monomórficos y alcanzan una homología del 95 y el 96%, respectivamente (el intrón más los dos exones). Este resultado sugiere que la información para la secuencia de aminoácidos de la SSU se ha conservado establemente durante el proceso evolutivo del cafeto.

En general puede observarse que dependiendo del genotipo de café, las variables asociadas con la actividad fotosintética varían notoriamente; por tanto, una comprensión más profunda de las bases funcionales, bioquímicas y moleculares del proceso, pueden proveer herramientas para incrementar la productividad de la especie.

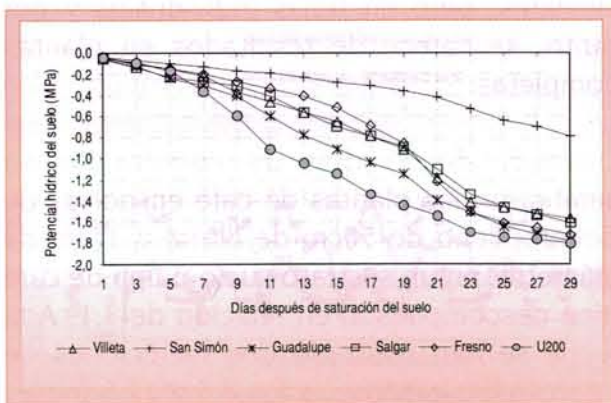
### **Comportamiento del intercambio gaseoso de la hoja del café a cambios en la humedad del suelo y el aire.**

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 de las unidades Villeta, Fresno, San Simón, Salgar, Guadalupe y 200, que se depositaron en macetas de PVC y en cada una de ellas se sembraron chapolas de café. Cuando las plantas alcanzaron los 6 meses de edad, se aplicó riego a las macetas hasta alcanzar el estado de saturación del suelo y posteriormente se drenó durante 24 horas, para que alcanzara la capacidad de campo (CC).

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 le adhirió una cámara Pákinson para registrar en tiempo real el intercambio gaseoso.

**- Potencial hídrico del suelo.** Según la Figura 13, el potencial hídrico del suelo presentó variaciones apreciables a partir de los 7 días después de haberse saturado. Luego de este tiempo, se observó que el potencial hídrico disminuyó a una mayor tasa en la Unidad 200, mientras que en la unidad San Simón la disminución fue menor. Se observó también que entre los 7 y los 23 días las diferencias en el potencial hídrico entre las unidades de suelos se mantuvieron, pero a partir de los 23 días



**Figura 13.** Comportamiento del potencial hídrico del suelo de 6 Unidades de suelos de la zona cafetera colombiana, bajo condiciones semicontroladas de temperatura del aire ( $25^{\circ}\text{C} \pm 1,5$ ), y humedad relativa del aire ( $85\% \pm 5$ ).

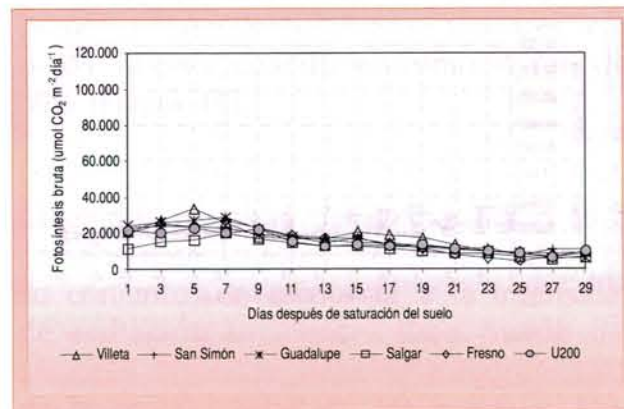
las diferencias fueron más estrechas a excepción del comportamiento del potencial en la Unidad San Simón.

**- Fotosíntesis bruta.** Esta variable alcanzó sus mayores valores entre los 3 y los 9 días después de haber saturado el suelo (Figura 14). En la Unidad San Simón la máxima fotosíntesis bruta se registró a los 3 días, en la Unidad Villeta a los 5 días, en las Unidades Guadalupe, Salgar y Fresno a los 7 días, y en la Unidad 200 a los 9 días.

Luego de haberse presentado la máxima fotosíntesis bruta, esta variable mostró una tendencia general a disminuir, aunque entre los 15 y los 17 días se observó un ligero aumento, excepto en la Unidad Fresno.

**- Fotosíntesis neta.** La cantidad neta de  $\text{CO}_2$  asimilado luego de establecer el balance entre la fotosíntesis bruta y la respiración indica que en la Unidad 200 ésta fue máxima al día siguiente de haber saturado el suelo, en las Unidades San Simón, Guadalupe y Fresno a los 3 días, en la Unidad Villeta a los 5 días, y en la Unidad Salgar a los 7 días (Figura 15).

A excepción de Salgar, en las demás unidades de suelos hubo incremento en la fotosíntesis



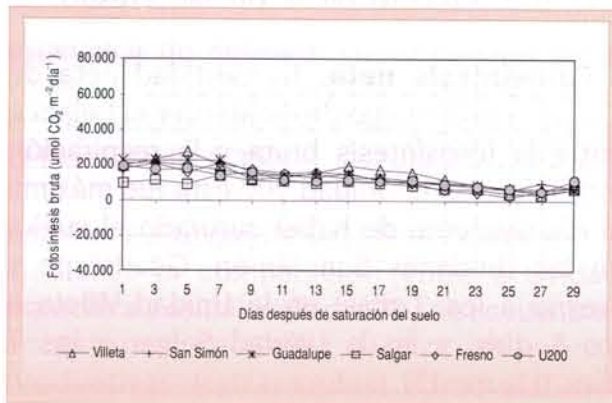
**Figura 14.** Comportamiento de la fotosíntesis bruta de la hoja de plantas de café cultivadas en 6 Unidades de suelos de la zona cafetera de Colombia, y bajo condiciones de temperatura del aire de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1,5$  y humedad relativa del aire de  $85\% \pm 5$ .

neta entre los 13 y 15 días, pero de menor magnitud al registrado en los primeros días. Posterior a los 15 días, la ganancia neta de  $\text{CO}_2$  tendió a disminuir.

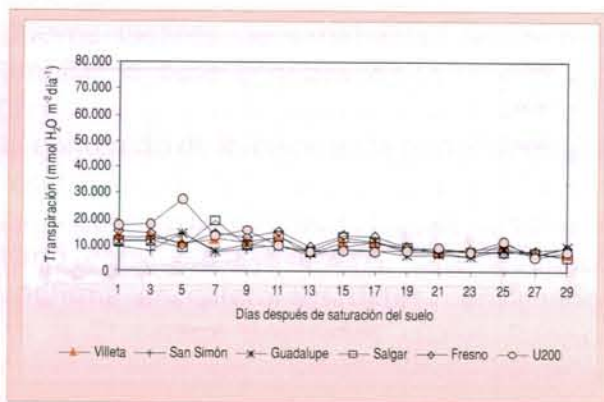
- **Transpiración.** Para esta variable se observaron diferencias iniciales en el comportamiento (Figura 16). Mientras que en las Unidades de suelos Villeta, Fresno y Salgar, la transpiración mostró una tendencia a disminuir en el período entre 1 y 5 días después de haber saturado el suelo, y en las unidades San Simón, Guadalupe y 200, alcanzó valores máximos a los 5 días. Luego de este período, en las unidades

donde habían ocurrido disminuciones de la transpiración, ésta tuvo un incremento hacia los 7 días, presentando luego tendencia a la disminución hasta los 29 días. En las unidades de suelos que presentaron valores máximos de transpiración a los 5 días (San Simón, Guadalupe y 200), luego de esta fecha, hubo tendencia igualmente a disminuir, hasta los 29 días después de haber saturado el suelo.

Se destaca que entre las unidades que presentaron aumento en la transpiración a los 5 días después de haber saturado el suelo, la Unidad 200 fue la que alcanzó mayor valor.



**Figura 15.** Comportamiento de la fotosíntesis neta de la hoja de plantas de café cultivadas en 6 Unidades de suelos de la zona cafetera de Colombia, y bajo condiciones de temperatura del aire de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1,5$  y humedad relativa del aire de  $85\% \pm 5$ .



**Figura 16.** Comportamiento de la transpiración de la hoja de plantas de café cultivadas en 6 Unidades de suelos de la zona cafetera de Colombia, y bajo condiciones de temperatura del aire de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1,5$  y humedad relativa del aire de  $85\% \pm 5$ .

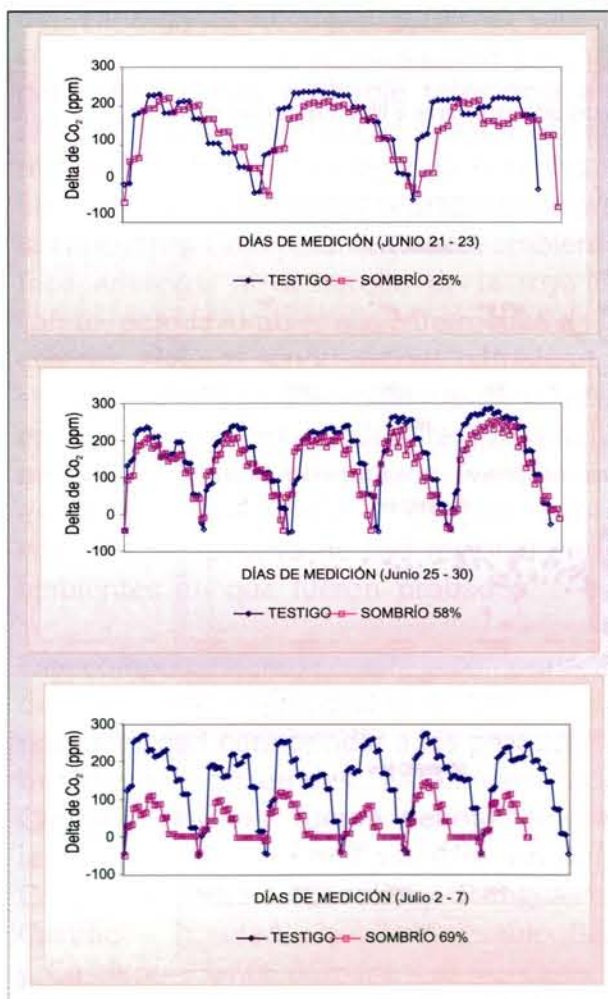
### Intercambio gaseoso de plantas completas de *Coffea arabica* L. var. Colombia, bajo diferentes niveles de sombreado.

Con base en los conocimientos previos que sobre intercambio gaseoso se han adelantado en la Disciplina de Fisiología en los últimos años, y particularmente en términos de plantas completas, y aprovechando el sistema ya instalado, se hicieron mediciones y observaciones sobre la respuesta de plantas completas de *Coffea arabica* var. Colombia, a diferentes niveles de sombreado. Cabe anotar que en Cenicafé se han hecho trabajos similares, pero en hojas individuales y por tanto, se carece de resultados en plantas completas.

Después de 75 días de germinadas se sembraron las plantas de café en bolsas de polipropileno de 50cm de altura y 35cm de diámetro, en un sustrato suelo:pulpa de café bien descompuesta, en relación de 3:1. A la fecha se han realizado dos mediciones de intercambio gaseoso, a los 8,5 y 12,5 meses de edad de los cafetos. En este informe se presentan los resultados más relevantes de la segunda edad.

En la Figura 17 se presentan las curvas diarias de fotosíntesis, observándose que las plantas testigo tuvieron un comportamiento similar a las plantas de los tratamientos con sombrero del 35 y 58%. Pareciera ser que el mutuo sombrero generado por el follaje del dosel, favorece las condiciones micro climáticas al interior del mismo, creando el ambiente adecuado para elevar la tasa de asimilación de  $\text{CO}_2$ , a los niveles obtenidos cuando el sombreadamiento es del 58%.

El comportamiento del testigo con respecto al sombrero del 69% fue similar en los períodos de medición, con valores similares a los de las mediciones con los tratamientos de 35



**Figura 17.** Comportamiento diario de la fotosíntesis, para el testigo a plena exposición y los tratamientos con sombra.

y 58% de sombreadamiento; esto sugiere que existe una alta homogeneidad tanto de las mediciones como del material, con valores muy bajos para el sombrero del 69%, y apenas un poco más altos de los obtenidos para la primera medición. Si bien, el área foliar y el peso seco se incrementaron con respecto a la medición a los 8,5 meses de edad, la asimilación no aumentó en la misma proporción, por tanto, puede ser que un nivel de sombrero tan elevado afecta ostensiblemente la generación de carbohidratos, así como la relación fuente–demanda que igualmente se hace deficiente, ya que la ganancia de fotoasimilados no se traduce en aumento de materia seca (biomasa), como si ocurre en los anteriores tres tratamientos.

**- Relación entre la asimilación de  $\text{CO}_2$  (ppm) vs. la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ).** Se ajustaron los modelos matemáticos de tipo cuadrático, que explican la relación entre estas dos variables. Así mismo, se resaltan los bajos valores obtenidos en el nivel de sombra del 69% (Figura 18).

**- Relación entre la asimilación de  $\text{CO}_2$  (ppm) vs. la radiación fotosintéticamente activa ( $\mu\text{mol}_{(\text{fotones})} \text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ).** La tendencia de los puntos para relacionar estas dos variables, muestra de mejor manera la saturación de la radiación. También se observa cómo las tasas de asimilación de  $\text{CO}_2$  para los tres primeros tratamientos fueron similares, con bajos valores cuando el sombrero fue del 69% (Figura 19).

Un análisis más detallado de los resultados obtenidos permitirá determinar cómo es el comportamiento fotosintético del café en su conjunto, en respuesta a la intensidad de radiación incidente. Esto puede dar mejores criterios para el mejoramiento de la productividad de los cafetales bajo sombra.

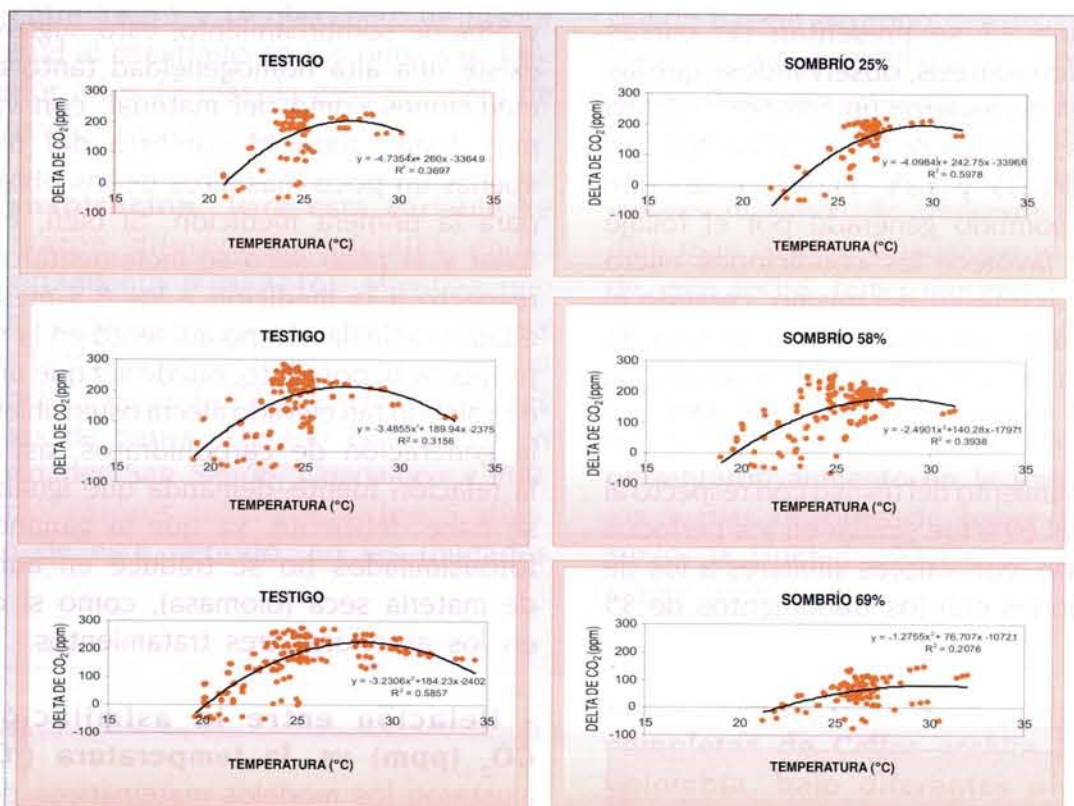


Figura 18. Relación entre la fotosíntesis con la temperatura del aire en cafetos a libre exposición solar y con diferentes grados de sombreado.

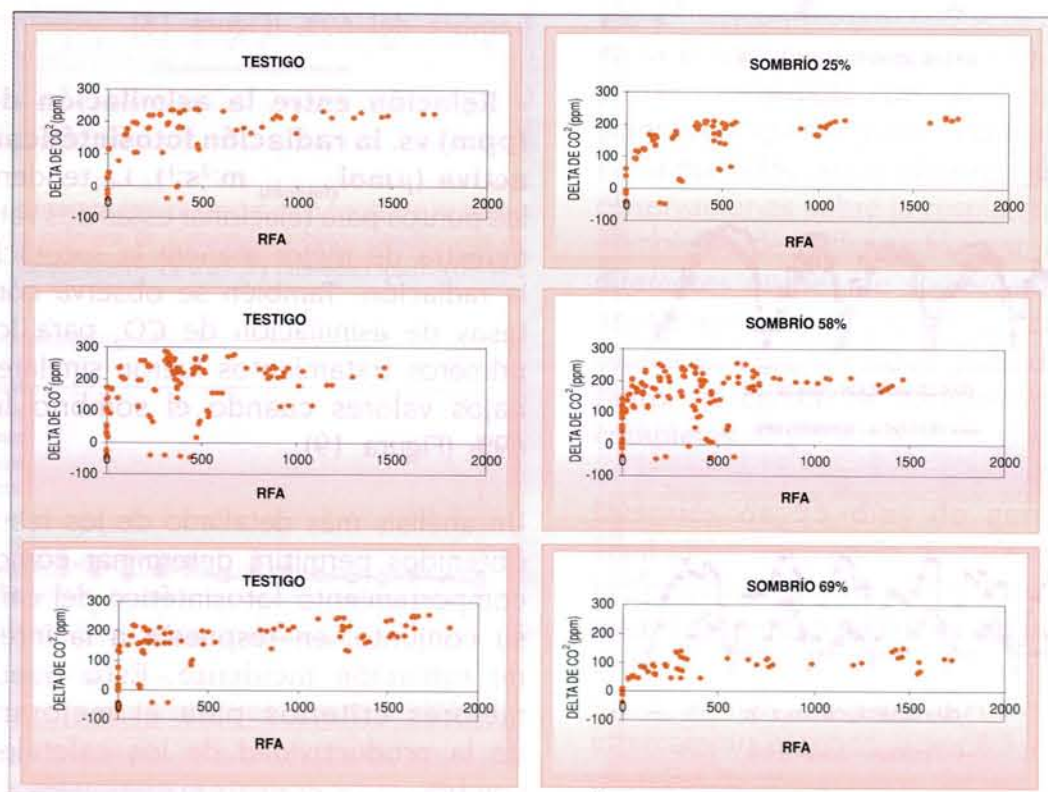


Figura 19. Relación entre la fotosíntesis (ppm de CO<sub>2</sub>) con la Radiación Fotosintéticamente Activa (RFA) en cafetos a libre exposición solar y con diferentes grados de sombreado ( $\mu\text{mol}(\text{fotones}) \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ).

## IX. Mejoramiento Genético y Biotecnología



La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia mediante Resolución No. 03 del 13/05/2005 liberó la variedad Castillo compuesto con resistencia durable a la roya del cafeto y con probable tolerancia a la enfermedad de las cerezas del café (CBD) aún restringida al África; como una variedad de uso general en las zonas representativas de la caficultura Colombiana, y para ambientes fríos adversos al desarrollo de la roya del cafeto, pero favorables a la enfermedad de las cerezas. Algunos genotipos que participan en su composición, en los ambientes particulares en que fueron evaluados regionalmente muestran mayor producción, ventaja que es factible trasladarle a los productores con una perspectiva de uso regional en los ambientes en que fueron probados.

Este comportamiento permite la conformación de variedades compuestas con mayor productividad para brindar a los productores beneficios adicionales. Estas variedades Castillo derivadas, fueron denominadas en la misma Resolución: Castillo – Naranjal, Castillo – Rosario, Castillo – Paraguaicito, Castillo – Trinidad, Castillo – Pueblo Bello y Castillo – Santa Bárbara. Las ventajas en productividad varían entre 9,1% y 17,9% para las áreas de influencia de las Subestaciones

la Trinidad y Santa Bárbara respectivamente. El análisis económico de decisión y riesgo por su adopción, propuesto por el CIMMYT, indica que afectaría positivamente los ingresos de los adoptantes aún con precios de \$30.000,00 la arroba de café pergamino seco.

Estos compuestos de uso regional poseen los mismos atributos de resistencia a roya, tolerancia a la enfermedad de las cerezas y buenos caracteres agronómicos de la variedad Castillo de la cual proceden. Ésta, es un compuesto de características excepcionales que permite su utilización exitosa en diversidad de ambientes. Su conformación genética garantiza la estabilidad en sus atributos agronómicos y de resistencia a la roya del cafeto. Permite su siembra tanto en las zonas donde la roya limita la producción, como en regiones donde la enfermedad no tiene mayor incidencia. En esas regiones de mayor altitud les permite a los productores beneficiarse de la mayor producción, de la excelente granulometría (mayor de 80% de café supremo), y de la ventaja por ahora intangible de la tolerancia al CBD, problema que en los países del África en donde está restringida, se ve favorecido en su desarrollo por las menores temperaturas.

Con la liberación de la variedad Castillo y las seis variedades derivadas de uso regional se contribuyó a la productividad, viabilidad económica y sostenibilidad del cultivo

Adicionalmente se propone la entrega de otra variedad con influencia en los ecotopos: E-106A; E-112B; E-113B; E-215A al E-221A; E-210B a E-212B en los departamentos de Cauca y Nariño, que ofrece en promedio 14% más de producción.

Se concluyó la selección regional de nuevos genotipos de interés por características agronómicas y resistencia incompleta a roya, que serán liberados próximamente como



primera variedad compuesta con resistencia incompleta a la enfermedad.

Se analizaron las introgresiones del genoma de *C. canephora* vía Híbrido de Timor, en 78 líneas avanzadas del cruce de *Coffea arabica* var. Caturra x Híbrido de Timor. Los niveles de introgresión son relativamente homogéneos, con un valor promedio de 35 marcadores por línea.

Se desarrollaron nuevas poblaciones  $F_1$  y  $F_2$  de (Caturra x Híbrido de Timor) x Introducciones Etíopes, para involucrar otras fuentes de resistencia a la roya del cafeto y explorar opciones de diversificación de la calidad en taza a partir del germoplasma de *Coffea arabica* de ese origen. Se crearon poblaciones de progenies provenientes del cruzamiento de Caturra x Introducciones Etíopes y genotipos de porte alto originados del cruzamiento de selecciones de *C. arabica* x Híbrido de Timor.

En la búsqueda de resistencia a CBD, se tienen tres experimentos en el campo con progenies  $F_2$ ,  $F_3$ ,  $F_4$  y  $F_5$  de Caturra x Híbrido de Timor; progenies  $F_2$  de Cat (Cat x H. de Timor); y progenies  $F_2$  de cruces dobles.

Se enviaron 100 progenies de esos experimentos para evaluar la resistencia a los aislamientos de Kenya, Zimbabwe I, Zimbabwe 9, y Camerún con pruebas de inoculación de hipocotilos en el Centro Internacional de las royas del café en Portugal. El 50 % de los genotipos mostraron resistencia a tres aislamientos. Sólo dos genotipos mostraron resistencia al aislamiento de Camerún. En general la producción, y las características de grano de estas progenies son similares o mejores que las de la variedad Caturra.

Se realizaron cruzamientos entre genotipos que presentan resistencia a los cuatro

aislamientos del hongo, utilizando como progenitor femenino una línea  $F_5$  de Caturra x H. de Timor y como progenitores masculinos Maragogipe Amarillo, Sudan Rume, Local Bronze, Jackson 2, Java 65, y Et 56.

Los experimentos sembrados en Zimbabwe para evaluar la resistencia a CBD han mostrado baja infección por lo que se inocularon artificialmente el 12 de julio de 2004. Posteriormente se hicieron dos evaluaciones. La primera dos semanas después de la inoculación y la segunda, cinco semanas después. El incremento en la infección fue muy bajo después de la inoculación lo cual se debió a altas temperaturas y pocas lluvias, impidiendo el buen desarrollo de la enfermedad y la detección de diferencias entre los genotipos.

Se continuó con la reorganización del germoplasma, para hacer más económico y eficiente su manejo. Las actividades más relevantes se relacionaron con la reorganización de dos lotes de germoplasma: El Meg 0511, donde se conservan las selecciones de Borbón Resistentes a Macana, de las cuales se recuperó la información relativa a su origen y características y teniendo en cuenta su estado agronómico se programaron actividades de renovación y mantenimiento, incluyendo controles permanentes de roya, buscando asegurar el suministro continuo de granos y semilla y la utilización de este germoplasma en cruzamiento.

Las introducciones enviadas de Portugal, que en su mayoría provienen de Angola, son de interés por ser portadoras de genes de resistencia a la roya del cafeto, derivados de introducciones etíopes, solas o cruzadas con el híbrido de Timor. En ellas se recuperó la información de origen y de evaluación y después de revisar su estado, se programaron actividades de renovación, incorporación

dentro del lote internacional, traslado de algunas plantas, eliminación de entradas duplicadas o sin interés, y evaluaciones adicionales en experimentos de otras. Así mismo, se prosiguió con el trabajo de mantenimiento y documentación.

Se finalizó la evaluación de 23 progenies  $F_3RC_1$  de híbridos provenientes de dos introducciones de *C. canephora*. Los resultados mostraron que en todas las progenies se conserva la alta resistencia a la roya observada en los progenitores. En la gran mayoría de las plantas la calificación máxima en la escala de Eskes y Braghini estuvo entre los grados 1 y 3, lo cual indica una alta resistencia; 34 plantas, pertenecientes especialmente a tres progenies, mostraron resistencia completa 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 la planta, el número de cruces y el diámetro de la copa, no difirió del testigo Caturra. Las evaluaciones de los caracteres del fruto no mostraron diferencias notables entre años. Las progenies tuvieron en promedio 9% de frutos vanos y 15% de granos caracol. En ambos caracteres se presentaron diferencias significativas en el análisis de varianza; en la prueba de Dunnett ( $p = 0,05$ ), 10 progenies tuvieron más frutos vanos y 12 más granos caracol que Caturra. Ambos caracteres estuvieron correlacionados y la selección entre progenies y entre plantas de una progenie hará énfasis en ellos. Normalmente, al avanzar las generaciones bajo selección estos defectos disminuyen. También en el tamaño del grano hubo diferencias significativas pero estas favorecieron a las progenies, 13 de las cuales fueron de mayor tamaño, mientras que las otras tuvieron un tamaño similar; de ellas 9 no presentaron diferencias con el testigo en frutos vanos, ni en granos caracol. La producción de café cereza por planta evaluada en las cosechas cafeteras de 2000 a 2005 no mostró diferencias

estadísticas consistentes con el testigo ni en las evaluaciones anuales, como tampoco en los acumulados de años sucesivos. Lo anterior muestra que en la mayoría de estas progenies se ha logrado transferir la resistencia de la roya del progenitor de *C. canephora* y recuperar los principales caracteres agronómicos de las variedades comerciales de arábica. Las mejores plantas de 9 progenies serán seleccionadas para evaluar la  $F_4RC_1$  en dos localidades, y retrocruzarlas para mejorarle algunos defectos.

Se comparó el desarrollo y fertilidad de la broca criada sobre 16 progenies de la variedad Castillo y sobre la variedad Caturra en condiciones controladas, mediante la evaluación cada 4 días del número de individuos en cada uno de los estados biológicos y el número total de estados. No se encontraron diferencias estadísticas entre ninguna de las progenies y Caturra para el número acumulado de huevos en ninguna de las evaluaciones, el cual a los 16 días, cuando había pasado el período de máxima postura fue en promedio de 35 huevos en Caturra y a los 28 días de 46, mientras que en las progenies de variedad Castillo fue de 38 y de 45 para los mismos tiempos. Tampoco hubo diferencias estadísticas para el total de individuos en ninguna de las evaluaciones, lo cual a los 28 días, cuando prácticamente había cesado la oviposición y empezaban a aparecer los primeros adultos completamente desarrollados (melanizados), resultó un promedio de 34 individuos por grano para Caturra y 29 para las progenies, y a los 36, cuando se iniciaron las posturas de las hembras recién emergidas, última evaluación realizada, fue en promedio de 57 para var. Caturra y de 61 individuos totales, para las progenies.

Se evaluó la fecundidad y desarrollo de la broca criada en 20 introducciones etíopes, que habían sido evaluadas en campo, en dos experimentos y en ambos se encontró

que a los 35 días después de la infestación la introducción CCC 217 tenía 30% menos individuos por grano que la var. Caturra. También se compararon cada una de las plantas de las introducciones CCC 363 y CCC 534, en las cuales se había encontrado menos estados que en la var. Caturra, y se corroboraron las diferencias del 30 y 36% respectivamente en el número de estados encontradas entre estas introducciones y Caturra.

Se obtuvo la secuencia genética de 1.252 clones de genes expresados en el tracto digestivo de la broca del café, encontrándose que de estas secuencias el 46% mostraban homología significativa con genes de otros insectos, lo que indica que las restantes son secuencias muy específicas de la broca del café. Cinco de las secuencias identificadas corresponden a genes que la broca utiliza para producir el daño en el grano del café. Entre ellas se identificó una enzima que le daría a la broca ventajas evolutivas para encontrar en el grano de café un nicho favorable para su supervivencia. Igualmente, se identificó una secuencia genética que le permitiría a la broca del café descomponer la cafeína presente en el grano evitando que el consumo del alcaloide le cause efectos citotóxicos.

Se estudiaron los compuestos bioquímicos asociados a la calidad: cafeína, trigonelina,

materia grasa, ácidos clorogénicos y azúcares en café verde. Se encontraron diferencias significativas en los contenidos de materia grasa, obtenidos en distintas condiciones ambientales. En un primer estudio de espectros químicos total de muestras de café verde recolectadas en 5 estaciones experimentales de Cenicafé permitió diferenciar el café por los ambientes de prueba.

Se está construyendo un mapa genético con el fin de conocer la localización de genes de interés para la caficultura. Se inició la evaluación agronómica por producción, resistencia a roya, resistencia a CBD, características de grano de las poblaciones utilizadas para elaborar dicho mapa. Se caracterizó con 80 marcadores microsatélites la población más polimórfica. Se sembraron las poblaciones desarrolladas para localizar regiones del genoma involucradas en la expresión de caracteres cuantitativos (QTL) por resistencia a roya, CBD, características de grano y rendimiento. Se obtuvieron las secuencias génicas de 5.000 clones que constituyen genes candidatos con función putativa para café.

Todos estos trabajos están enmarcados dentro de los objetivos estratégicos de la Federación de Cafeteros y de Cenicafé de productividad, sostenibilidad ambiental, reducción de costos, calidad y conocimiento estratégico.



# Viabilidad económica del café

## I. Economías de Escala

### Evaluación económica de tres sistemas de producción de café. ECO 0502.

Este experimento tiene como objetivo central determinar la viabilidad económica de los sistemas de producción bajo condiciones comerciales.

- **Sistemas de producción.** Los sistemas de producción en estudio se encuentran ubicados en la Estación Central Naranjal, a plena exposición solar y con variedad Colombia. La Tabla 34, describe los sistemas de producción evaluados.

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

- **Análisis de los 51 meses de edad de los cultivos.** A continuación se describen los resultados relacionados con los costos de los primeros 51 meses de edad de las plantaciones. Para los análisis se asumen precios de 2005, para la mano de obra y los insumos utilizados.

- **Costo total de los sistemas.** Este análisis incluye los costos relacionados con el manejo agronómico de los cultivos, sin tener en cuenta aquellos asociados con la cosecha y el beneficio, por considerarse costos proporcionales y que corresponden, por tanto, a los costos de la tecnología de los sistemas de producción.

De acuerdo con la Tabla 35, los costos en el Sistema 1 fueron superiores a los de los otros dos Sistemas durante los años 1, 2 y 3, del ciclo de producción, observándose la mayor diferencia en el año de la instalación de las plantaciones, diferencia que tiende a reducirse a medida que el cultivo entra en la fase de producción, que comienza en el año 2 del ciclo de cultivo. Sin embargo,

para los últimos años analizados (2004 y 2005), 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.

Con relación a los costos acumulados de la tecnología de producción, en la Figura 20 se observa que los de los Sistemas 2 y 3, sembrados a 2 x 1m, a los 51 meses de edad de los cultivos, son 22% inferiores en

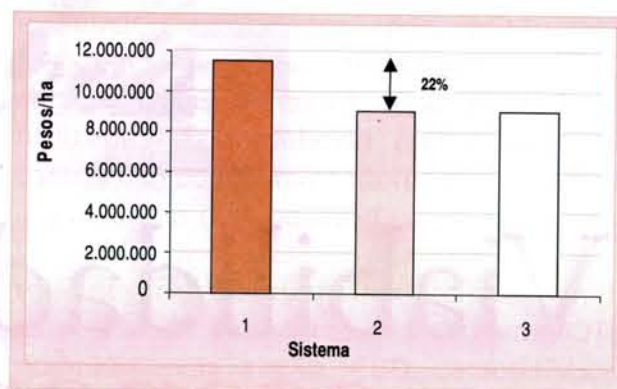


Figura 20. Comparación de los costos totales de los sistemas de producción estudiados, hasta los 51 meses de edad de la plantación

Tabla 34. 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

Tabla 35. Costos de la tecnología de producción.

Año Civil	Año del ciclo	Sistemas de Producción		
		Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
2001	1	4.866.666	2.582.539	2.522.843
2002	2	2.399.100	2.124.884	2.186.559
2003	3	1.655.348	1.542.288	1.528.705
2004	4	1.730.245	1.847.831	1.827.103
2005	5	883.386	953.169	945.452
<b>Total</b>		<b>11.534.745</b>	<b>9.050.710</b>	<b>9.010.661</b>

comparación con el lote sembrado a 1 x 1m. Sin embargo, para producciones similares entre los lotes con 10.000 tallos/ha, se observa que el sistema con descopado ofrece ventajas económicas al tener costos inferiores al del lote con manejo normal; así mismo, con costos similares (específicamente los de manejo de la plantación, sin incluir cosecha y postcosecha) en ambos lotes sembrados a 2 x 1m, el sistema de descopado será el más viable económicamente, debido a que presenta el doble de tallos por hectárea y una mayor productividad.

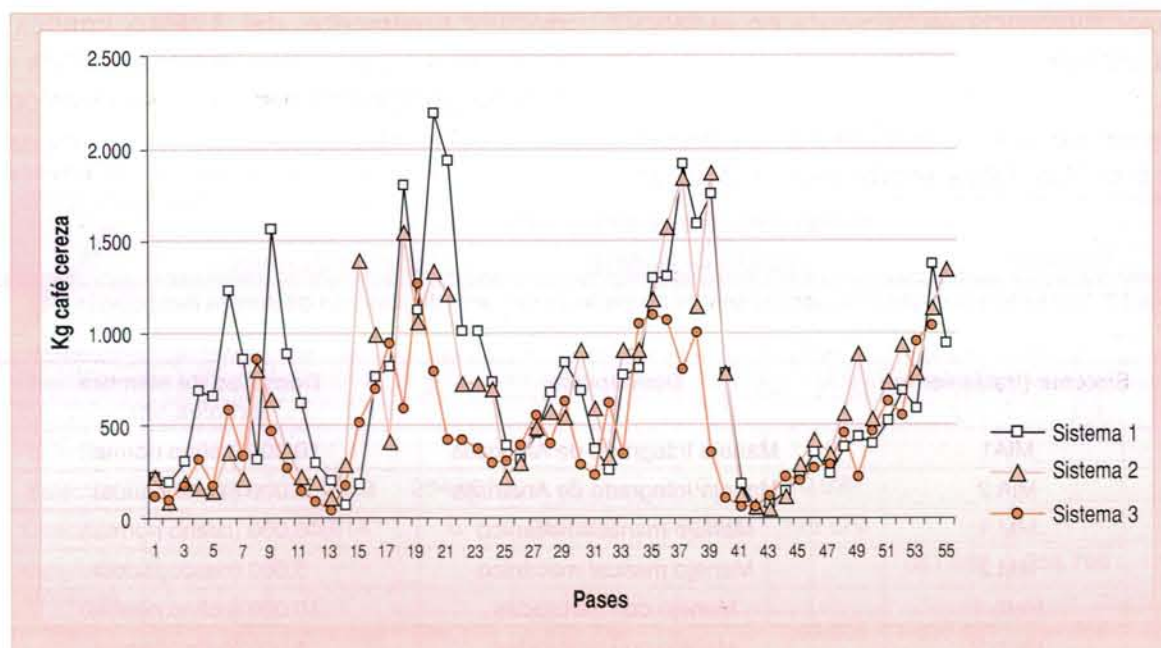
**- Productividad de los sistemas.** La Tabla 36 describe la productividad por hectárea en arrobas de café pergamino seco, para los años que han transcurrido en el estudio, por tanto, la información es parcial.

De acuerdo con los resultados obtenidos en producción, hasta los 51 meses de edad, el Sistema 1 presenta una productividad mayor que los otros dos Sistemas, de hecho hasta el momento ha producido 127,2@ más que el Sistema 2, y 498,5@ más que el Sistema 3. Entre los Sistemas 2 y 3 la diferencia es de 371,3@ de cps en el ciclo. Este comportamiento en productividad se deriva, de los diferentes pases de recolección realizados. La Figura 21 describe la dinámica de los pases de recolección hasta la fecha de corte, considerando en total 55 pases.

Hasta la fecha de corte de los análisis, se habían realizado 55 pases en los Sistemas 1 y 2, y 54 pases en el Sistema 3. La Figura 21 muestra que en general los pases del Sistema 1 han sido más cuantiosos que los

**Tabla 36.** Producción en el ciclo de los Sistemas evaluados (@ cps/ha).

	Años					Total acumulado
	2001	2001	2003	2004	2005	
1	0	23,0	581,4	477,4	209,7	1.291,7
2	0	16,0	410,2	473,2	264,9	1.164,5
3	0	12,0	289,3	312,5	179,2	793,2



**Figura 21.** Comportamiento de los pases de recolección en los tres sistemas de producción

de los otros dos Sistemas; sin embargo, el Sistema 2 presentó 23 pases (42%), con mayores cantidades recolectadas que el Sistema 1. De hecho, en 12 de los últimos 17 pases, el Sistema 2 tuvo los pases de mayor volumen de café recolectado (70%), lo cual podría indicar que este Sistema comienza a equiparar su producción con el Sistema 1, considerando que aun falta parte de la cosecha de 2005 y la del año 2006. El Sistema 3 muestra una clara tendencia a producir menos que los otros dos Sistemas, con algunos pases que hacen la excepción.

**- Conclusiones preliminares.** Los resultados observados desde la siembra hasta los primeros 51 meses de edad de los cultivos, muestran que hay diferencias entre los tres sistemas de producción evaluados.

- Al momento de la instalación de los cultivos, el Sistema 2 (descopado) y el 3, requieren 50% menos inversión que el Sistema de producción sembrado a 1 x 1m.

- En el manejo de arvenses los Sistemas 2 y 3 presentan aproximadamente 10% menos costos, en comparación con el Sistema 1. La mayor diferencia se presenta en la labor de los plateos.

- De igual manera, la fertilización es menos costosa en los lotes sembrados a 2 x 1m,

en comparación con el lote de 1 x 1m. Esta diferencia es de 13% en costos a favor de los sistemas con mayor distancia de siembra.

- Al analizar en conjunto el costo de las labores agronómicas, las cuales corresponden a la tecnología de producción, se observa que los lotes sembrados 2 x 1m (descopado y sin descopar), presentan 22% de costos menores.

- Para la variable productividad de los Sistemas hasta la fecha de este análisis parcial, el Sistema de 1 x 1m presenta una productividad mayor que los otros dos Sistemas, lo cual conduce a un mayor ingreso para este Sistema.

- Sin embargo, el valor presente del margen bruto/ha es mayor para el Sistema 2, seguido del 1 y finalmente, del Sistema 3. Esto implica que para el momento de los análisis, el Sistema 2 fue el que presentó mayores ingresos netos, de los tres analizados.

- Desde el punto de vista de la rentabilidad, vista como la TIR de cada Sistema, ésta fue mayor en el caso del Sistema 2, seguido del 1 y finalmente, del 3. Esto implica que el Sistema con mayor rentabilidad es el 2, debido principalmente a sus menores costos de producción.

**Tabla 37.** Tratamientos evaluados para el control de las arvenses en cafetales con diferentes densidades de siembra.

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)

- Con estos resultados, en los cuales se analiza parcialmente la productividad e ingresos de los Sistemas, se hace evidente la posibilidad de promover altas densidades de siembra, a unos costos menores y con un desempeño económico ventajoso, desde el punto de vista de la tecnología de producción.

### Análisis económico de tres métodos de control de arvenses y su efecto en la producción de café. ECO 0202.

Este experimento se sembró en diciembre de 2002, 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 32 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 37.

- **Sistemas de 10.000 sitios/ha.** Con base en las labores desarrolladas, en su frecuencia y en los insumos empleados, se estimaron los costos del manejo de arvenses en los tres casos (Tabla 38).

Para el primer año de edad del cafetal el manejo integrado de arvenses fue el más costoso de los tres manejos, mientras que el manejo con herbicida (MH) y el mecánico (MM), tuvieron costos relativamente similares.

**Tabla 37.** Tratamientos evaluados para el control de las arvenses en cafetales con diferentes densidades de siembra.

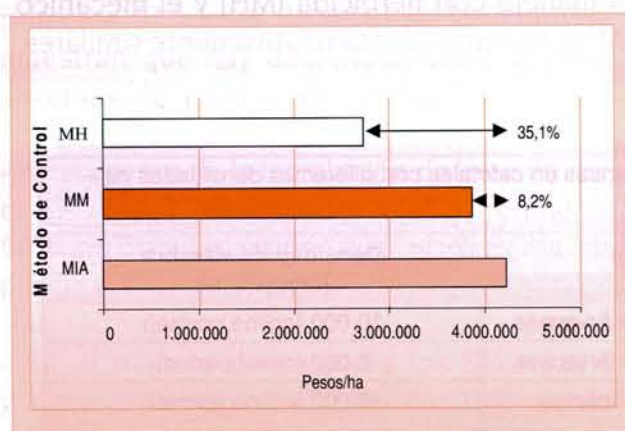
Sistema (tratamiento)	Descripción	Densidad de siembra (árboles/ha)
MIA1	Manejo Integrado de Arvenses	10.000 (colino normal)
MIA 2	Manejo Integrado de Arvenses	5.000 (descopados)
MM 1	Manejo manual mecánico	10.000 (colino normal)
MM 2	Manejo manual mecánico	5.000 (descopados)
Herb 1	Manejo con herbicidas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

**Tabla 38.** Costos del manejo de arvenses, de acuerdo con el método de control utilizado, en distintas edades de la plantación de café con 10.000 sitios/ha.

Componente	Métodos de manejo de arvenses								
	Manejo integrado			Manual mecánico			Herbicida		
	0-12 m	12-18 m	24-32 m	0-12 m	12-18 m	24-32 m	0-12 m	12-18 m	24-32 m
Plateo manual	1.471.952	1.047.350	300.052	1.172.862	1.172.862	432.613	802.025	132.098	111.340
Plateo químico							272.974	122.663	0
Selector	661.009	515.829	204.661	0	0	10.022			
Guadaña	0	10.914	0	499.883	449.895	126.970			
Aspersión herbicida							561.362	556.798	174.404
Total costo/ período	2.132.961	1.574.094	504.713	1.672.745	1.622.757	569.606	1.636.361	811.559	285.744



Para el segundo año, el MM tuvo el mayor costo, seguido del MIA y el MH fue el menos costoso de los tres. Para el tercer período analizado, el MM tuvo el mayor costo, seguido del MIA, mientras que el MH fue sustancialmente inferior a los otros dos. De la Tabla 38 también se deduce que a medida que los cultivos crecen hasta la etapa de producción, los costos del manejo de arvenses tienden a decrecer. Los resultados muestran que el manejo basado en herbicidas fue el menos costoso de los tres en este caso. Estos resultados se observan gráficamente, al asumir el manejo integrado como base de comparación relativa (100%) (Figura 22).



**Figura 22.** Comparación relativa de los costos de manejo de arvenses en cafetales, desde siembra hasta los 32 meses de edad.

- **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 (Tabla 39).

Para esta densidad de siembra, en el primer año de edad de los cultivos los métodos del manejo integrado y el manejo con herbicidas presentaron los costos más altos, y el de menor costo fue el del manual mecánico. Durante el segundo año, el método MM fue el más costoso, seguido del MIA y finalmente, el de más bajo costo fue el MH. Para el tercer período analizado, los métodos MIA y MM, presentaron costos similares, pero que fueron mayores a los observados en el MH.

Los costos totales por método, se observan gráficamente al asumir el manejo integrado de arvenses como base de comparación relativa (100%) (Figura 23).

En la Figura 23 se ilustra cómo entre el MIA y el MM, al cabo de 32 meses no se presentan amplias diferencias, pues éstas sólo son del orden del 3%. Sin embargo, no ocurre lo mismo con el MH, pues con éste la diferencia es del orden del 20,4%. Para

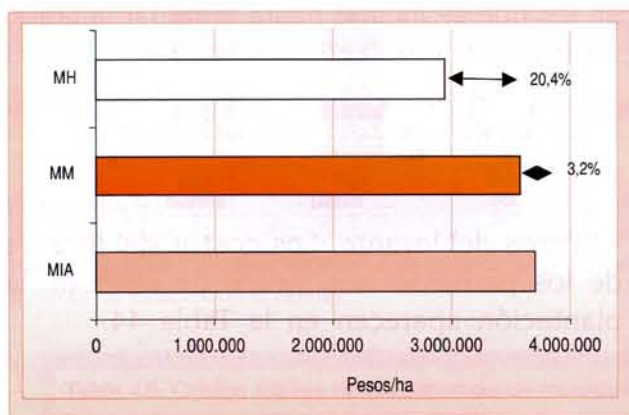
**Tabla 39.** Costos del manejo de arvenses, de acuerdo con el método de control utilizado, en distintas edades de la plantación de café con 5.000 sitios/ha.

Componente	Métodos de manejo de arvenses								
	Manejo integrado			Manual mecánico			Herbicida		
	0-12 m	12-18 m	24-32 m	0-12 m	12-18 m	24-32 m	0-12 m	12-18 m	24-32 m
Plateo manual	823.923	722.090	276.801	886.945	1.009.608	333.076	396.295	141.534	37.742
Plateo químico							154.349	150.969	0
Selector	758.007	696.083	287.368	0	0	0			
Guadaña	96.274	210	37.030	539.689	549.501	261.013			
Aspersión herbicida							1.092.754	647.806	320.844
Total costo/ período	1.678.204	1.418.383	601.199	1.426.634	1.559.110	594.090	1.643.397	940.309	358.586

este número de sitios por hectárea el MH, al igual que el caso anterior este método tiene los menores costos asociados a su establecimiento.

**- Productividad de los tratamientos.**

Teniendo en cuenta que 32 meses es aún muy temprano para evaluar esta variable, en las Tablas 40 y 41 se describen las productividades obtenidas en ambos sistemas evaluados (número de sitios por hectárea). Debido a que los cultivos están entrando en la etapa productiva, los resultados son sólo descriptivos.



**Figura 23.** Comparación relativa de los costos de manejo de arvenses en cafetales, desde siembra hasta los 32 meses de edad.

**- Conclusiones Preliminares.** Los resultados observados desde la siembra hasta los primeros 32 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 el caso de los 10.000 sitios/ha, los costos son decrecientes para todos los sistemas a medida que los lotes envejecen. Al analizar los costos acumulados se observa que los mayores corresponden al MIA, seguido del manual mecánico y los menores se presentaron en el manejo con herbicida (MH). En cuanto a la participación de los diferentes componentes de cada sistema es evidente que los plateos tienen la mayor participación en la estructura de costos, seguido de las aspersiones de herbicidas.

En el caso de los sistemas de 5.000 sitios/ha, las tendencias son similares al caso anterior pero las diferencias observadas son menores. En este caso el MH tuvo los menores costos, para la actividad del control de arvenses. Al comparar los componentes de cada sistema es evidente que las aspersiones ocupan la mayor parte de los costos, seguido de los plateos.

**Tabla 40.** Productividad, en arrobas de cps/ha, de acuerdo al método de manejo de arvenses utilizado, en cafetales con 10.000 sitios/ha.

Método de Control	12 - 24 meses	24 - 32 meses
MIA	193	268
MM	140	208
MH	160	197

**Tabla 41.** Productividad, en arrobas de cps/ha, de manejo de arvenses utilizado, en cafetales con 5.000 sitios/ha.

Método de Control	12 - 24 meses	24 - 32 meses
MIA	78	155
MM	85	155
MH	111	172

## 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 con una densidad de 5.000 plantas/ha, y ubicados en la Estación Central Naranjal. El presente resumen cubre los primeros 15 meses de desarrollo del cultivo, que corresponden al período de mayo de 2003 a agosto de 2005.

- **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.

Para los tratamientos descritos en la Tabla 42, el manejo agronómico de los lotes se lleva a cabo de acuerdo con las prácticas recomendadas por Cenicafé en los aspectos relacionados con el manejo de las renovaciones,

el deschuponado, la resiembra, la protección a las heridas, el manejo de arvenses, la fertilización y 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 0,2ha y tienen una población aproximada de 950 árboles.

- **Análisis económico de los primeros 15 meses del estudio.** Los costos asociados a la renovación de los lotes aparecen en la Tabla 43, 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. Estos costos se han estimado con precios de 2005.

- **Costos del levante.** Los costos del levante de los primeros seis meses de edad de la plantación aparecen en la Tabla 44.

**Tabla 42.** Sistemas de renovación evaluados

Sistema	Descripción
1	Zoca calavera
2	Zoca pulmón
3	Zoca total (convencional a 30cm)

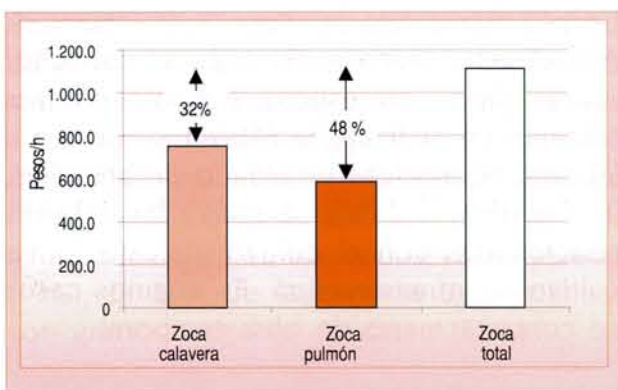
**Tabla 43.** Costos de la renovación de cafetales por hectárea.

Sistema	Costo (\$/ha)
Zoca calavera	275.947
Zoca pulmón	338.257
Zoca total	400.568

**Tabla 44.** Costos del levante de cafetales por hectárea

Sistema	Costo (\$/ha)
Zoca calavera	1.091.976
Zoca pulmón	1.425.633
Zoca total	1.924.201

La diferencia que se observa en los costos del levante entre los sistemas de renovación evaluados, se deben a varios factores, entre los que se encuentran: la fertilización, debido a que en el caso de la calavera, ésta no se fertilizó, y en la zoca total la dosis de fertilizante fue inferior a la empleada en la zoca pulmón, la cual tuvo la dosis más alta de nitrógeno. Otro factor fundamental fue el manejo de arvenses, en el cual se observaron diferencias significativas (Figura 24).



**Figura 24.** Costos del manejo de arvenses durante los primeros 6 meses de establecido el cafetal.

- **Costos totales de los sistemas de renovación.** Los costos totales de los tratamientos, incluyendo la renovación y el levante se describen en la Tabla 45.

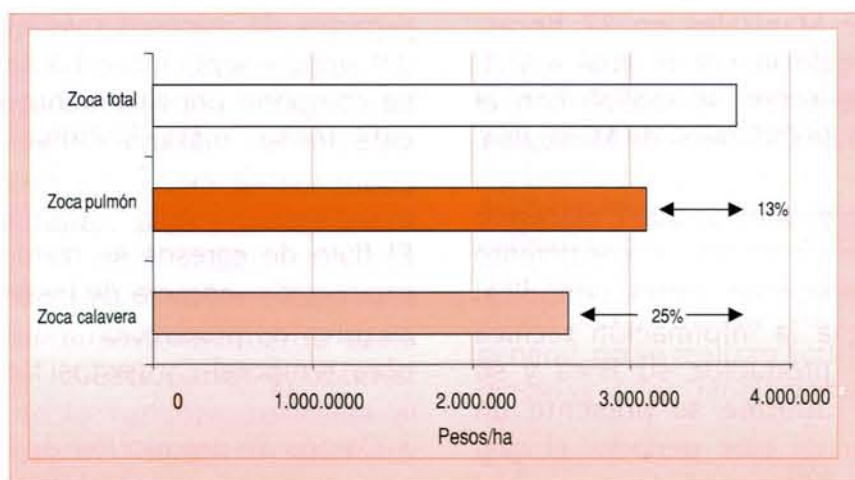
La Figura 25, describe la comparación porcentual entre los costos presentados en cada sistema de renovación, tomando como base de comparación la zoca total (zoca a 30cm). Los resultados muestran que en general, el método de mayor costo corresponde a la zoca convencional, seguida de la zoca pulmón y de la calavera.

- **Consideraciones Preliminares.** Los resultados observados hasta el momento del presente informe muestran que:

- El menor costo de renovación se tiene con la zoca calavera, seguida de la zoca pulmón y finalmente, el mayor costo se genera con la zoca convencional.

**Tabla 45.** Costos totales de los sistemas de renovación de los cafetales por hectárea.

Sistema	Costo (\$/ha)
Zoca calavera	2.698.268
Zoca pulmón	3.126.592
Zoca total	3.614.503



**Figura 25.** Comparación de los costos de la renovación y levante de los tres métodos de renovación de cafetales, hasta los quince meses de edad de las plantaciones.

- En la fase de levante, hasta los primeros seis meses, los mayores costos están asociados a la zoca convencional, seguida de la pulmón y siendo la de menor costo la calavera. Aparte del método de renovación, el manejo de arvenses es una de las razones principales para esta diferencia en costos.

- En cuanto al total de los costos en los que ha incurrido hasta la fecha de los análisis, los mayores corresponden a la zoca convencional, seguida de la pulmón y finalmente, de la calavera.

- Teniendo en cuenta que los ciclos de renovación son diferentes en cada caso, el inicio de la producción de los lotes y los ingresos derivados de ellos serán fundamentales en el futuro análisis económico.

### **Identificación de patrones de consumo e ingreso en fincas de economía campesina de la zona central cafetera de Colombia. ECO0613.**

Durante el año cafetero 2004-2005 se inició este proyecto cuyos objetivos son describir los patrones de ingreso y consumo de las familias cafeteras de economía campesina y relacionar la productividad del café con el consumo de los factores de producción. El estudio se está ejecutando en la zona rural del municipio de Manizales en 37 fincas, con un área en café menor o igual a 3ha, y la selección de éstas, se realizó con el apoyo del Comité de Cafeteros de Manizales. Actualmente, se está adelantando el trabajo de campo iniciado en abril de 2005, planeado con una duración de un año y consistente en aplicar un formato (en forma periódica) donde se consigna la información técnica y económica del productor, su finca y su familia. En este informe se presenta un avance preliminar de este período, el cual detalla la actividad de una de las fincas del estudio denominada F10.

La finca se encuentra ubicada en la vereda el Chuzo y tiene una extensión de 2 hectáreas, de las cuales 1,7 están sembradas en café. La variedad predominante es Colombia, en una densidad promedio de 5.000 árboles por hectárea y un promedio de edad de 4,5 años. Durante el año cafetero 2004, la producción fue de 160@ de cps/ha. La renovación de ese año fue realizada por zoca. Con relación a otros cultivos se tiene plátano (asociado con café), mandarina y zapote. Además, cuenta con una cría de peces y producción de origen animal (huevos). Actualmente viven en la finca el caficultor -propietario-, su esposa e hijo. Los tres trabajan en la finca; la esposa se dedica a labores domésticas y cuidado de animales, y el padre y el hijo a todas las labores relacionadas con el cultivo de café, otros cultivos e infraestructura. En algunos casos se contrata mano de obra temporal.

A continuación se presenta la información económica de la finca F10. Ésta se expresa en términos de salario mínimo mensual legal (smml), que en Colombia para el año 2005 está en \$381.500 mensuales.

**- Flujo de ingresos y egresos de la finca F10.** Con relación a los ingresos se tiene una amplia fluctuación de éste, encontrándose meses de ingresos bajos como agosto 0,015 smml y abril 0,7 smml, y meses de ingresos más altos como julio 2,9 smml y septiembre 7,5 smml. El ingreso se compone principalmente de la venta de café (66%), plátano (30%), otros cultivos como mandarina (2%) y huevos (2%).

El flujo de egresos se divide en costos de producción -compra de insumos, pago a los factores de producción incluida la mano de obra temporal-, y gastos familiares.

- Costos de producción de la finca. El 47% corresponde a costos en mano de obra, 34% a insumos para la producción de café, 14%

a insumos para producción animal y 5% a insumos necesarios en otros cultivos. El egreso más alto ocurrió en junio (1,52 smml) y correspondió a la compra de fertilizante y colinos de café. El más bajo ocurrió en abril (0,16 smml) donde sólo se compró lo relacionado con la producción animal.

- Gastos familiares de la finca. Lo componen los servicios públicos, la alimentación, el transporte, la salud, la educación, la ropa, las reparaciones de la vivienda, los juegos de azar y la diversión, entre otros. El flujo de gastos familiares fluctuó entre 1,31 y 2,65 smml, y los meses que presentaron valores altos corresponden a aquellos donde hubo algún gasto extraordinario en salud. Para esta finca los gastos más altos se generan por alimentación (37%), transporte (18%) y salud (13%). El 50% de la canasta de alimentos son granos, seguido de carne (36%).

## II. Avances en Cosecha

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

**Diagnóstico de la administración de la cosecha de café en fincas empresariales de la zona central cafetera de Colombia. BIO 0814.** La administración de la recolección en fincas empresariales, es una tarea compleja que requiere de una adecuada planificación y coordinación de todos los actores comprometidos como propietarios, administradores, patrones de corte y recolectores, para lograr los beneficios esperados, por tanto, para conocer estos aspectos, se inició esta investigación con la realización de una prueba piloto que permitió calibrar el instrumento de toma de información (cuestionario) y obtener la estimación de la varianza, asociada al parámetro porcentaje de administradores que planeaban la recolección de café, para determinar estadísticamente el tamaño de

la muestra y aplicarla en la prueba final, en la cual se le hizo la encuesta a los administradores de 132 fincas empresariales. Los resultados mostraron que el 75,8% de los administradores planean la recolección y están satisfechos con el procedimiento utilizado. Adicionalmente, se observó lo siguiente:

- La recolección se planea y hace con base en la experiencia, las necesidades y los registros de las fincas.
- Las actividades que más se planean son el beneficio y la dotación.
- Las personas que determinan el número de recolectores a emplear son: el administrador y el mayordomo, y el criterio está dado básicamente por la cantidad de café maduro por pase. Mientras que las personas encargadas de contratar al personal son el administrador y el patrón de corte.
- Entre las personas que seleccionan los lotes a cosechar están en orden de importancia el administrador y el mayordomo; el criterio utilizado es la frecuencia de recolección (entre 8 – 25 días) y el estado de madurez de los lotes.
- En las fincas que tienen patrón de corte, sus funciones principales son: ordenar, dirigir, supervisar y controlar al personal.
- Los principales criterios para seleccionar a los recolectores son: que sean conocidos y la apariencia personal.
- En las fincas, en general, no se establecen estímulos para los recolectores y las pocas que los tienen, ofrecen premios, buena alimentación y buen precio, entre otros. En general, no se realizan actividades recreativas dirigidas a los recolectores.
- Entre los imprevistos más importantes están: los daños en el beneficiadero, la falta de personal y el clima.

- La recolección en general se paga al contrato (destajo), y el valor a pagar se define de acuerdo al pase de cosecha y al precio establecido en la zona.
- Se llevan registros del café recolectado, para: reunir datos históricos, definir el presupuesto del año siguiente, determinar el factor de conversión y presentar informes, entre otros.
- Se evalúa la calidad de la recolección y los frutos maduros dejados en el árbol por observación y no se evalúa la cantidad de café dejado en el suelo.
- En general, hay satisfacción por el precio pagado en la recolección y entre los aspectos a mejorar en la administración de la recolección están: el personal, el control, el estado de los cafetales y la tecnología de recolección, entre otros. Lo anterior se lograría con la capacitación del personal, la búsqueda de soluciones y la creación de estímulos.

Como proyección de esta investigación se espera proponer un método de administración de la recolección, que tenga en cuenta los siguientes aspectos: métodos objetivos para evaluar la recolección en términos de los indicadores del proceso, métodos para determinar el número de recolectores de acuerdo a una evaluación objetiva del café por recolectar, sistemas de control y estrategias administrativas enfocadas al manejo de la recolección.

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

Con el propósito de proporcionarle al caficultor métodos objetivos para evaluar la recolección en términos de los indicadores del proceso, se desarrolló la investigación:

#### **Determinación de un método de muestreo para la evaluación de los indicadores**

**asociados a la recolección del café. BIO 0309.** Esta investigación, de tipo exploratorio, consistió en determinar el tamaño óptimo por jornada (número de árboles), para estimar los promedios de las variables asociadas a los indicadores de eficacia y pérdidas, y evaluar dos trayectorias para el diagnóstico de la recolección de café, en términos de los mismos indicadores.

La estructura del plan de muestreo para determinar el tamaño óptimo consistió en definir: el objetivo del muestreo, la población objeto de estudio, el marco de muestreo, los parámetros de interés, el diseño de muestreo, la estructura de los estimadores con sus respectivas varianzas, el error de estimación, la confiabilidad y el tamaño de muestra. Luego de planteada la estructura, se aplicó en el campo y se procedió al análisis de la información.

El parámetro de interés fue el promedio para las variables: número de frutos maduros (incluyendo sobremaduros y secos) dejados en el árbol (eficacia) y número de frutos dejados en el suelo (pérdidas). Se propuso como diseño el muestreo aleatorio simple (MAS), para seleccionar los árboles en cada jornada de trabajo. Se estableció como error de estimación para determinar el tamaño de muestra estadísticamente, dos frutos dejados en el suelo por sitio, para las pérdidas, y dos frutos dejados en el árbol sin recolectar, para evaluar la eficacia. Bajo la estructura de los estimadores propuestos, de acuerdo con el diseño de muestreo aleatorio, la probabilidad mínima de ocurrencia de este error es del 75% en el caso que la distribución de la variable de interés no sea normal y del 95%, en el caso que sea normal.

De acuerdo con los criterios de error fijados, la confiabilidad propuesta y la mayor estimación de la varianza obtenida en investigaciones anteriores, se determinó como tamaño de muestra 81 árboles por jornada.

Este plan de muestreo fue aplicado en una finca particular y en la Estación Central Naranjal, en cosecha de mitaca de 2005, durante cuatro jornadas y en cada una de ellas se identificaron el lote o los lotes a recolectar en cada jornada, la edad de los árboles y la densidad de siembra. Además, se construyó el mapa de campo de cada lote a evaluar (marco de muestreo). Al día siguiente de la recolección, se seleccionaron aleatoriamente 81 árboles y en ellos se contó y registró el número de frutos maduros sin recolectar (incluyendo los frutos sobremaduros y secos) y el número de frutos dejados en el suelo.

Con la información obtenida al aplicar el diseño de muestreo aleatorio simple, se elaboró una base de datos en la cual a su vez, fueron seleccionadas aleatoriamente, 30 tamaños de muestra y cada una con 100 unidades de muestreo (árboles), para las variables frutos dejados en el árbol y en el suelo. Con cada muestra se obtuvo la estimación del promedio para las variables descritas y su varianza correspondiente. Luego se procedió a hacer la gráfica de la varianza versus el tamaño de muestra, con la cual se definió el tamaño óptimo de muestra en 90, para evaluar la recolección en términos de los indicadores eficacia y pérdidas, en los lotes recolectados durante

una jornada. Además, con el análisis de la información se verificó que el límite de error de estimación fue menor o igual al error de muestreo propuesto (dos frutos) en al menos el 75% de los casos, con un 100%, para la estimación del número medio de frutos dejados en el árbol (eficacia) y un 85%, para la estimación del número medio de frutos dejados en el suelo (pérdidas), por sitio.

Adicionalmente, se aplicaron y evaluaron dos trayectorias (Figuras 26 y 27), para el diagnóstico de las variables frutos dejados en el árbol y en el suelo, después de cada jornada simultáneamente con el diseño de muestreo aleatorio, es decir, sobre el mismo marco de muestreo del aleatorio. Se determinó estadísticamente que con estas trayectorias ni se sobrestima ni se subestima el promedio del número de frutos dejados en el árbol y en el suelo, al aplicar un diseño de muestreo aleatorio. De las dos trayectorias, se seleccionó la trayectoria en línea recta (Figura 27), por ser la más fácil en su aplicación, la cual consiste en: tomar el lote recolectado en línea recta a través de los surcos (unidad primaria de muestreo) y una vez ubicado en el centro del surco, se escoge un número de árboles, de acuerdo con los siguientes criterios:



Figura 26. Trayectoria diagonal.



Figura 27. Trayectoria en línea recta.



- Si el número de surcos en el lote es menor que 90 (tamaño de muestra óptimo definido bajo el diseño de muestro aleatorio), entonces se toma en cada surco  $m$  árboles, donde  $m$  es el número entero más cercano a la razón  $90/(\text{número de surcos recolectados en la jornada})$ .

- Si el número de surcos en el lote es mayor que 90, entonces se toma un árbol cada  $l$  surcos, donde  $l$  es el entero más cercano a la razón:  $(\text{número de surcos recolectados en la jornada})/90$ .

- Si el número de surcos es igual al tamaño de muestra (90), entonces se toma un árbol por surco.

En los árboles seleccionados, se cuenta y registra el número de frutos maduros dejados en el árbol y el número de frutos dejados en el plato del árbol. Luego se estima el promedio para estas dos variables, con lo cual se tendría el diagnóstico de la recolección en la jornada en términos de los indicadores de eficacia y pérdidas.

### **Estudio estadístico para el plan de muestreo de las treinta ramas. BIO 0307.**

Se cumplió con el objetivo de soportar estadísticamente el muestreo de la treinta ramas, con 21 evaluaciones, bajo un muestreo sistemático de 1 en 172, en un lote de una hectárea, sembrado con 5.161 árboles de variedad Colombia, en la Estación Central Naranjal, para un tamaño de muestra de 30 árboles por evaluación. En cada árbol seleccionado se tomó al azar una rama con frutos para contar y registrar el número de ellos, y el número de frutos perforados por broca (infestados). Además, se registró el tiempo invertido en llegar al árbol, en la evaluación y en el tiempo en aplicar el diseño de muestreo en el lote.

En este estudio se obtuvo la siguiente información:

- La hipótesis de trabajo "La distribución de la infestación por árbol es aleatoria", se verificó sólo para una de las evaluaciones.

- En 20 de las 21 evaluaciones, el patrón de distribución de la infestación por árbol resultó agregado.

- El tiempo medio de evaluación por hectárea, está entre 51,2 y 58,7 minutos, con un coeficiente de confianza del 95%. Es decir, para aplicar el muestreo de las treinta ramas, recorriendo toda la hectárea, se requiere aproximadamente de una hora.

- Para niveles de infestación estimados, inferiores del 3,6%, el límite para el error es inferior o igual al 2% de infestación, es decir, si el promedio obtenido es del 3%, el intervalo para esta estimación sería entre 1 y 5%.

- Para niveles de infestación estimados, superiores al 7,5%, el límite para el error fluctúa entre el 3,1 y 9,6%.

Con el propósito de ofrecer un método para la toma de información, más ágil para el diagnóstico de la infestación por broca, se evaluó una trayectoria en surcos, la cual consiste en recorrer todo el lote a través de los surcos (Figura 2) y tomar uno de los árboles centrales de cada surco, y en él una rama con frutos para contar el número total de frutos y el número de frutos perforados por la broca. En el caso de esta investigación, la hectárea estuvo conformada por 77 surcos, por tanto, el tamaño de muestra es mayor al de las treinta ramas, pero el tiempo invertido en aplicarlo es de media hora, aproximadamente. Las estimaciones obtenidas con la trayectoria en surcos, ni sobrestiman ni subestiman las obtenidas con el diseño de muestreo completamente aleatorio, con un tamaño de muestra de 60 árboles y límite para el error de estimación por debajo de 2,2%,

para niveles de infestación media por árbol, menores del 4%.

## Modelos

Se trabajó en dos aspectos del cultivo, la relación de la concentración de las flores, y la dinámica del suelo y el pronóstico de cosecha.

### Relación de la concentración de flores y la dinámica del suelo. BIO 0510.

Con base en la información generada de la investigación FIS 0523, en 17 localidades de la zona cafetera se realizó el análisis estadístico con el objetivo de evaluar la siguiente hipótesis de trabajo: "una vez la planta tenga acumulada la energía necesaria para producir las flores, es la dinámica de la humedad del suelo la que incide en el nivel de concentración de la floración", la cual fue corroborada de acuerdo con los siguientes resultados:

Al establecer la diferencia entre condición años del Fenómeno Cálido del Pacífico (El Niño) y el Fenómeno Frío del Pacífico (La Niña), para cada sitio, se observó que en su mayoría la temperatura media diaria es mayor en la condición de ocurrencia de El Niño y el promedio por período del índice corregido de humedad del suelo fue menor para esta condición. En algunos sitios se evidenció estadísticamente, que hay mayor número de floraciones en la condición de años de ocurrencia de La Niña, y en las que no hubo diferencia estadística, la tendencia de este resultado, descriptivamente, se mantiene, lo cual se explica biológicamente de la siguiente manera: cuando ocurren períodos secos prolongados (caso años de El Niño), se concentra la floración y por tanto, ocurren menor número de floraciones. Si se toma el índice de humedad del suelo corregido (IHSC) como indicador para definir si hay períodos secos o no, se tiene que a menor

IHSC ocurren menor número de floraciones (NF), es decir hay una relación directa entre la variable exógena y la variable endógena número de floraciones, como se ilustra con la siguiente expresión estadística:

$$NF = 31,22976 \times IHSC$$
$$r^2 = 0,96 \quad EE = 4,0$$

Pero esta relación se da siempre y cuando la planta haya acumulado la energía necesaria para producir flores, además de su expresión genética. Por ejemplo, para la primera floración la planta debe acumular entre 3.322 y 3.651 unidades térmicas, para la tercera floración entre 6.167,1 y 7.141, para la quinta floración entre 9.584,3 y 10.857 y para la séptima floración, entre 12.990 y 14.435 unidades térmicas.

Finalmente, se estableció estadísticamente que para un promedio diario durante el período de floración y un índice de humedad del suelo corregido menor o igual que 0,53, pueden esperarse en promedio 16 floraciones y 1.750 flores por árbol, y para un índice de humedad del suelo mayor a 0,53, en promedio 22 floraciones y 632 flores por árbol, bajo las condiciones establecidas en este estudio.

**Pronóstico de cosecha. BIO 0511.** Se simuló la producción (estimación), por ciclos continuos de cinco años (períodos de producción), y se tomó como referencia (parámetro), la producción potencial (nivel I) y producción afectada por el déficit hídrico (nivel II), durante el período del primero de enero de 1999 al 31 de diciembre de 2003, en dos localidades, con el fin de determinar el número de años de producción necesarios para el pronóstico de cosecha, con datos históricos.

Los resultados iniciales, indican que como mínimo se requiere un ciclo de cinco años de producción histórica para hacer pronóstico

de producción potencial (Nivel I), para el pronóstico de la producción afectada por el déficit hídrico. Mientras que para una de las localidades es suficiente con un ciclo de cinco años, para la otra se requiere como mínimo una serie histórica de 25 años.

Además, la asociación lineal entre el parámetro y la estimación, para cada período evaluado y nivel de producción, indicó que las series tomadas ni sobrestiman ni subestiman el parámetro, dado que los coeficientes de regresión, además de ser diferentes de cero son estadísticamente iguales a uno, según el estadístico de prueba de t al 5%, con coeficientes de determinación mayores del 97%.

Como proyección de esta investigación se tienen: 1. Determinar en otros sitios (ofertas ambientales), el número de años de producción histórica (serie de producción), para hacer el pronóstico y 2. Continuar la validación con el nivel de producción II, a plena exposición solar y con sombrero, para luego clasificar estadísticamente por producción, los ecotopos de la zona cafetera colombiana.

### Cosecha manual

**Efecto de las frecuencias de recolección en el rendimiento operativo de la cosecha manual del café. ING 0156.** Las evaluaciones de las frecuencias de recolección de café cada 14, 21, 28 y 35 días, presentaron los siguientes resultados preliminares: en general, al aumentar los días entre pases de recolección aumenta el porcentaje de maduración y la carga por árbol hasta los 28 días, pero en esta misma medida aumenta el número de frutos caídos del árbol debido a factores climáticos o fisiológicos. Las frecuencias también mostraron un efecto en la eficiencia, haciéndose ésta mayor en la medida que aumenta el tiempo entre pases

y la carga por árbol, cumpliendo con los estándares de calidad de la masa cosechada y con un número de frutos dejados en el suelo entre 6 y 45.

Los niveles de infestación por broca crecieron proporcionalmente con las infestaciones iniciales de los lotes, sin encontrarse hasta el momento un efecto de los frutos dejados en el suelo y en el árbol, al aplicar cada frecuencia de recolección. Sobre la calidad del café producido puede decirse que el rendimiento en trilla aumenta a medida que lo hace el número de días entre pases de recolección, pero en esta misma medida disminuye el precio pagado por arroba y el porcentaje de tazas aceptadas. Aún falta obtener información de campo y terminar las evaluaciones de calidad en taza para elaborar las conclusiones finales de esta investigación, luego de analizar la información.

### Evaluación técnica de una metodología para la recolección del café con el dispositivo RASELCA. ING 0164 . Proyecto – Código: 2251-07-17159 "Mejoramiento Tecnológico de la Cosecha de Café en Colombia", Cenicafé - Colciencias.

Con el fin de contribuir en la disminución de los costos unitarios de recolección de café cereza, la disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé desarrolla dispositivos tanto manuales como mecánicos, entre los que se encuentra el raspador seleccionador de café "RASELCA", el cual fue evaluado en esta investigación en el primer semestre de 2005 en la Subestación Experimental Santa Bárbara (Sasaima – Cundinamarca), bajo dos tratamientos: Tratamiento de recolección tradicional y método de recolección con el dispositivo RASELCA. La unidad experimental consistió en un lote de 313 árboles de 1 a 2 ejes, de la especie *Coffea arabica* L. variedad Colombia cereza roja. Cada tratamiento se replicó en tres unidades de trabajo.

Las variables medidas fueron: calidad (porcentaje de café verde en la masa

cosechada), eficiencia (kilogramos de café cereza cosechada en una hora), pérdidas (numero de frutos dejados en el suelo por árbol después de cada pase) y eficacia (número de frutos maduros dejados en el árbol después de cada pase).

La unidad experimental presentó las siguientes condiciones al momento de la cosecha: promedio de porcentaje de madurez de 81,6% para el primer pase y 49,1% para el segundo pase. La carga promedia por árbol fue de 1.145g para el primer pase y 61g para el segundo pase. Bajo estas condiciones no hubo efecto de los tratamientos en las variables operativas calidad y eficiencia. En la variable pérdida, en el primer pase el valor más alto se presentó con el tratamiento RASELCA (28 frutos/árbol) mientras que en segundo pase el mayor valor correspondió al tratamiento recolección tradicional (7). En la variable eficacia, se encontró diferencia estadística en el primer pase, correspondiendo el valor más alto al tratamiento RASELCA (22 frutos maduros sin cosechar por árbol), mientras que en el segundo pase no hubo diferencia estadística y en promedio se dejaron siete y ocho frutos maduros en el árbol con los tratamientos RASELCA y Tradicional, respectivamente.

**Viabilidad técnica del desprendimiento selectivo de café utilizando rodillos con punzones. ING 0167.** En las investigaciones realizadas en Cenicafé en cosecha manual asistida y mecanizada se ha observado que los mejores resultados en calidad, eficiencia y costo unitario, se logran cuando la carga de frutos con madurez de cosecha y la concentración de éstos en el árbol son mayores a 1,0kg/árbol y 60%, respectivamente). Con el fin de aportar tecnología para condiciones diferentes a las mencionadas anteriormente, actualmente se investiga el principio de espantación para desprender frutos maduros, teniendo en cuenta los resultados obtenidos por Restrepo *et al.* (1999), quienes indican

que la fuerza para espantar frutos verdes y secos es superior a la requerida para frutos maduros. Se han realizado ensayos preliminares en laboratorio con modelos compuestos de dos rodillos, construidos con caucho y con púas en su superficie, obteniéndose resultados promisorios.

### **Cosecha Manual Asistida**

Se continuó 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 así incrementar el rendimiento operativo y disminuir el costo unitario de la recolección (\$/kg).

**Dispositivo portátil para la cosecha de café con la aplicación de momentos flectores a los frutos – DESCAFE. ING 01-11. Proyecto – Código: 2251-07-17159 "Mejoramiento Tecnológico de la Cosecha de Café en Colombia", Cenicafé - Colciencias.** Se realizaron estudios en el laboratorio y en el campo a escala semicomercial, de un sistema de recolección de café conformado por herramientas de asistencia manual denominadas DESCAFÉ IV, accionadas por pequeños motores operados con batería, canastos plásticos modificados en Cenicafé y mallas plásticas colocadas en el suelo para recoger los frutos que no se recolectan en los canastos. Los ensayos se realizaron en el municipio de Sasaima (Cundinamarca), en lotes sembrados con café variedad Colombia, de 3ª y 4ª cosecha, a 1,2 x 1,2m y en pendientes de hasta el 90%. Al momento de la cosecha los árboles tuvieron una carga y una concentración de frutos maduros de 1.413g/árbol y 58,6%, respectivamente. Como testigo se utilizó el método tradicional de recolección manual. En la recolección de café con DESCAFÉ IV se trabajó con y sin repase inmediato. Con

el método tradicional el número de personas y el valor a pagar por kilogramo de café recolectado lo decidieron en la finca.

La calidad del café recolectado fue igual para ambos tratamientos, 3,5 y 3,7% de frutos inmaduros en la masa cosechada en el método tradicional y el DESCAFE IV, respectivamente. La eficacia, medida por el número de frutos maduros dejados en los árboles, fue mejor con el método tradicional, 37 frutos/árbol, contra 117 frutos/árbol del DESCAFE IV. Así mismo, las pérdidas, medidas por el número de frutos caídos en la gotera del árbol durante la cosecha, fueron menores con el método tradicional con valores de 27 frutos/sitio en comparación con 79,5 frutos/sitio caídos con el DESCAFE IV. Sin embargo, el rendimiento con el método DESCAFE IV fue superior al observado en el método tradicional, 19,6kg cc/h y 6,9kg cc/h, respectivamente. Los costos unitarios promedios de recolección fueron de \$257/kg/cc para el tratamiento DESCAFÉ sin repase inmediato y \$156,2 para el tratamiento DESCAFE con repase inmediato. El promedio del costo unitario pagado en recolección manual tradicional fue de \$205/kg cc. Los resultados obtenidos indican que el método de cosecha manual asistida con empleo de la herramienta DESCAFE IV y repase inmediato es promisorio para cafetales en Colombia.

**Cosecha asistida de frutos maduros por vibro-impactos controlados a ramas de café. ING 0144.** En este período se obtuvieron resultados del modelamiento de un control actuando sobre un motor de corriente continua acoplado a su vez al mecanismo biela-manivela presentado por Roa en el informe anual 2003-2004. Como carga del sistema se utilizó el modelo de una viga en voladizo que hacía las veces de rama de café cargada de frutos. Los resultados del modelamiento mostraron que fue posible obtener una vibración de

la rama en su primer modo de vibración. En la práctica se espera que la destreza del operario sea fundamental para que el sistema de excitación funcione de la manera deseada.

### **Evaluación técnico - económica de un sistema de cosecha manual asistida del café. ING 0154.**

Se inició la evaluación de un sistema de recolección de café compuesto de una herramienta de asistencia manual que permite desprender frutos maduros de café mediante impacto directo y/o vibración de la rama, un canasto de boca ancha y mallas plásticas colocadas en el suelo. La herramienta, denominada IMFRA 3 VDC (Impactador de Frutos y Ramas) (Figura 28), con peso de 1,3kg, es transportada por la mano del recolector hasta el sitio donde están los frutos maduros, permitiendo por su diseño el desprendimiento individual o masivo de frutos maduros. El dispositivo es accionado con minimotores DC operados a batería. Como testigo se cosechó café utilizando el método manual tradicional. Los ensayos se realizaron en el municipio de Sasaima (Cundinamarca) en cafetales sembrados con variedad Colombia, de 3ª cosecha, a 1,2 x 1,2m, en terreno con pendiente de hasta 100%.

El promedio de los costos unitarios de recolección fueron de \$104/kg de café



**Figura 28.** Herramienta para asistir la cosecha de café IMFRA 3VDC.

cereza (cc), \$169,6/kg cc y \$205/kg, para el tratamiento IMFRA 3 VDC con repase y sin repase y manual tradicional, respectivamente. El promedio de los rendimientos operativos obtenidos por recolector con el tratamiento IMFRA 3 VDC con repase y con el método tradicional fueron 20,4kg de café cereza/h y 6,9kg cc/h, respectivamente. Las calidades obtenidas con el sistema de recolección con IMFRA 3 VDC (Figura 29) y con el método manual tradicional fueron 4,01 y 3,7%, respectivamente. Los resultados obtenidos en los primeros ensayos de esta investigación, similares a los observados en evaluaciones anteriores, indican que la herramienta IMFRA 3 VDC es muy promisoría para la cosecha selectiva del café en cafetales de alta densidad, en terrenos con pendiente moderada a alta (<100%) y, principalmente, para la disminución del costo unitario de recolección.

### Cosecha semimecanizada

#### Evaluación de vibradores portátiles del tronco (VPTs) en la cosecha de café.

**ING 0158.** Se cosechó café en la primera Unidad Experimental (UE1), de las cinco propuestas en esta investigación, utilizando dos métodos: el método manual tradicional



Figura 29. Café cosechado con la herramienta IMFRA 3VDC.

- MMT (Tratamiento 1) y con vibradores portátiles del tronco – VPTs marca Cifarelli SC700 (Tratamiento 2) (Figura 30). El lote destinado a la UE1, localizado en el municipio de Sasaima (Cundinamarca), constaba de 1.700 árboles de café variedad Colombia de fruto rojo, de tercera cosecha, sembrados a 2,0 x 1,0m, en terreno con pendiente moderada (<30%). El lote se dividió en dos parcelas de igual número de árboles y los métodos de cosecha fueron asignados aleatoriamente a éstas. Para la recolección de los frutos desprendidos con los VPTs se utilizó un dispositivo compuesto de una pared construida en malla y estructura liviana y una malla colocada en el piso. Antes de cosechar el café con los VPTs se entrenaron los operarios en el manejo del equipo y en la identificación de los árboles adecuados para esta tecnología.

Las variables de interés evaluadas son: kilogramos de café recolectados/hora-operario, porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada, número de frutos maduros dejados en el árbol después de la recolección, número de frutos dejados en el suelo por planta, relación café cereza/café pergamino seco (kilogramos de café cereza necesarios para obtener un kilogramo de café pergamino



Figura 30. Vibradores portátiles utilizados, Cifarelli SC700.

seco), factor de rendimiento en trilla y costo unitario de la recolección (\$/kg).

La carga y concentración de frutos maduros para los tratamientos 1 (MMT) y 2 (VPTs) fueron, 1.462,6g/árbol, 961g/árbol y 59,9% y 61,0%, respectivamente. Los rendimientos con MMT y VPTs fueron 9,8kg/h y 17,8kg/h, respectivamente. Con el equipo de cosecheros encargado de recolectar café con VPT se obtuvo un promedio de rendimiento de 71,2kg/h, inferior al esperado en esta investigación (125kg/h). Este resultado podría ser atribuido a las dificultades presentadas en el manejo del sistema de captura, baja eficacia en el desprendimiento de los frutos maduros y a fallas en la estrategia de trabajo utilizada. El café recolectado con MMT y VPTs presentó 5,7 y 11,0% de frutos inmaduros en la masa cosechada. Los costos unitarios de recolección con MMT y VPTs fueron de \$200/kg y \$212,3/kg, respectivamente.

#### **Evaluación de un equipo portátil de fabricación comercial para la cosecha de café. ING 0168.**

Se realizará una evaluación técnica y económica de la cosecha semi-mecanizada del café con el equipo comercial Derrigadora Sthill, ampliamente utilizado en Brasil en cultivos de café sembrados en altas densidades. Por sus especificaciones técnicas y relativo bajo costo podría ser apropiado para pequeños y medianos productores de café en Colombia, especialmente en las épocas de mayor flujo de cosecha.

#### **Cosecha mecanizada**

Se espera desarrollar tecnologías de alto rendimiento, para cafetales de alta densidad, en terrenos con pendientes de hasta 50%, con captura simultánea de los frutos desprendidos.

#### **Tecnología para el desplazamiento de un equipo para la cosecha mecanizada del café en terrenos de alta pendiente.**

**ING-0152.** Se ensayó el sistema de dirección en las cuatro ruedas en las instalaciones del Beneficiadero Experimental de la Disciplina de Ingeniería Agrícola de Cenicafé, donde se tiene un piso de cemento rugoso. Durante el ensayo se midió el desfase de las ruedas cuando eran accionadas continuamente en las condiciones mencionadas. Después de accionar de un lado para otro el sistema de dirección sin llegar al tope, durante 20 veces, se logró obtener un desfase inferior a los 2,5°. Cabe anotar que aunque el piso donde se hizo la evaluación es muy diferente al suelo de una plantación de café donde se tiene menor fricción y mayor desbalance de la carga sobre las ruedas, el resultado nos indica el funcionamiento confiable y repetible de la válvula divisora de flujo que se instaló en el circuito que maneja la dirección de la máquina.

#### **Cosecha mecanizada en cafetales de alta densidad aplicando impactos al follaje.**

**ING 0160.** Las cosechadoras de café de alto rendimiento, utilizadas principalmente en Brasil, han permitido disminuir el costo unitario de la recolección hasta en un 50% y la necesidad de mano de obra en más del 80%. Estas máquinas, aún las de menor tamaño, requieren cafetales sembrados con distancias entre surcos de mínimo 2,8m por lo cual no pueden utilizarse en cafetales colombianos. En esta investigación se pretende diseñar tecnología para la cosecha del café de alto rendimiento, basados en el principio empleado por las máquinas citadas anteriormente, aplicación de impactos al follaje, que pueda ser utilizada en cafetales sembrados a distancia entre surcos de 2,0m y en terrenos con pendiente de hasta el 40%. En la concepción del nuevo modelo se utiliza la metodología Diseño Económico para la Fabricación (Desing Economic Manufacture) presentado por Fronczak (1999). Se integrarán diferentes funciones con el fin de aumentar los rendimientos operacionales, desprender y recoger los frutos en un recorrido de la

máquina. La estructura del equipo será en forma de pórtico, como fuente de potencia se utilizará un tractor marca Asquini de 30HP 4 WD con trocha de 1,0m, y se dispondrá de un sistema hidráulico para accionar un mecanismo inercial que generará el movimiento oscilatorio de las varillas impactadoras. En el diseño también se incluirán un sistema de placas resortadas para recolectar el café desprendido y evitar su caída al suelo, y bandejas laterales para almacenar temporalmente el producto.

### **Mecanización del cultivo del café**

Se desarrolla y evalúan tecnologías para diferentes actividades de la producción del café, como transporte del café en cereza en el interior de los lotes y recolección de frutos caídos al suelo durante la cosecha.

#### **Evaluación de una aspiradora portátil en la recolección de frutos de café presentes en los platos de los árboles.**

**ING 1403.** La máquina Cifarelli V77S puede utilizarse para recoger frutos de café, en cafetales sembrados con distancia mínima entre surcos de 1,2m, preferiblemente de un solo tallo. Rápidamente el operario aprende a utilizar el equipo y a resolver los problemas que se le presentan por las obstrucciones en la succión o en el interior de la tolva de almacenamiento temporal. Para evitar pérdidas de café por la apertura involuntaria de la compuerta del depósito del equipo por efecto del contacto con las ramas, se requiere fijar la palanca mediante una correa u otro dispositivo sencillo y de fácil uso.

El combustible, es el componente con mayor participación en la estructura de costos de operación del equipo Cifarelli V77S, hasta un 44,7%, seguido de la mano de obra (41,5%).

Cafetales con buen trazado de los surcos (rectos, principalmente), sin sombrero y/o

presencia de otros cultivos (plátano), facilitan la eficacia de recolección de frutos con el equipo y el rendimiento.

Teniendo en consideración la recomendación formulada en el MIB sobre recolección de café, dejando máximo 5 frutos/sitio, y la eficacia promedia observada con el equipo (máximo 64,2%) el número de frutos en los platos no debería exceder de 8. Teniendo en cuenta los valores obtenidos en las fincas en esta investigación se requerirá de un gran esfuerzo en las fincas para disminuir las pérdidas de café durante la recolección.

En general, en el segundo año de esta investigación no se ha observado en forma contundente el efecto de recoger frutos del suelo en los niveles de infestación y en la calidad física del café producido.

#### **Tecnología para el transporte de café cereza en terrenos de alta pendiente – TRANSCAFE. ING 1404.**

El transporte del café en cereza desde lotes a puntos de acopio en una plantación, con empleo de cosecha mecanizada, debe permitir el máximo aprovechamiento de las máquinas con el mínimo requerimiento posible de mano de obra. Adicionalmente, debe adaptarse a las condiciones de la plantación, principalmente el trazado y la pendiente. En esta investigación se diseña y construye un equipo para transportar café en cereza, denominado TRANSCAFE, el cual consta de dos partes principales: el sistema de accionamiento, integrado por un motor de combustión interna de 13HP que genera el torque necesario para enrollar y desenrollar una sogá de polipropileno de ½" de diámetro en un tambor de 17cm de diámetro, y un vehículo construido en ángulo estructural y madera, para transportar 220kg de café cereza a través de la pendiente. En la metodología utilizada se desarrollan cuatro fases: diseño del equipo, construcción del prototipo, evaluación y análisis de la información. Hasta



la fecha se ha realizado en su totalidad la primera fase correspondiente al diseño del equipo. La construcción del prototipo se está llevando a cabo actualmente y resta por realizar las evaluaciones en el campo y el análisis de la información obtenida.

### III. Avances en Beneficio

Se desarrollan investigaciones en el beneficio ecológico sugeridas por Técnicos del Servicio de Extensión en una reunión realizada en Cenicafé en noviembre de 2004, y en el secado solar, para pequeños productores.

#### **Evaluación comparativa del desmucilagador con rotor de varillas respecto al desmucilagador tipo Cenicafé. ING 1121.**

En años recientes, especialmente con fabricantes de Antioquia, se ha extendido el empleo de agitadores de varillas, tipo Fukunaga, en reemplazo de los COLMECANO utilizados en el DESLIM, desarrollado en Cenicafé. Argumentándose que con el agitador de varillas se obtienen las siguientes ventajas: menor daño mecánico en el café y menor requerimiento de potencia. Por tanto, en esta investigación se propone generar información que permita definir el efecto del rotor de varillas en la calidad del desmucilagado, el requerimiento de potencia, el consumo específico de agua y el impacto ambiental.

#### **Evaluación de tecnologías solares parabólicas para el secado del café. ING 0831.**

Partiendo de la tecnología diseñada en el experimento ING 0827, divulgada en el Avance Técnico 305, así como innovaciones

de los caficultores y equipos utilizados en Brasil para el secado solar del café, se diseñaron las tecnologías para el secado solar para 15@ de cps/año, 100@ cps/año, 120@ cps/año y 200@ cps/año, que se describen a continuación:

- Secador solar parabólico hasta para 15 @ cps/año (SSP15): producidos para pequeños productores, en ocasiones denominados "micro-caficultores", los cuales por falta de infraestructura para el secador (patios y paseras, entre otros) con frecuencia secan el café colocándolo directamente en la calle y/o andén, lo que ocasiona la contaminación del café.

El SSP15 (Figura 31), está diseñado con los mismos conceptos del modelo publicado en el Avance Técnico No.305, es decir: 1) cubierta plástica en forma de parábola colocada sobre soportes, para proteger al café de la lluvia; 2) paredes en plástico (igual al empleado en la cubierta), que pueden enrollarse para permitir el acceso del operario y la salida del aire húmedo; 3) bandeja fabricada en malla plástica (referencias Red 5000 o malla diamante 5 x 5mm de 1,40m de ancho<sup>1</sup>) soportada



**Figura 31.** Secador solar parabólico para 15@ de cps - SP15. Vista general del SP15, destacándose, la cubierta parabólica plástica, la estructura en guadua, los cubrimientos laterales, de enrollar, tipo cortina y la bandeja interior con café.

<sup>1</sup> La comercializa TEXCOMERCIAL S.A., Pereira, Tels 3205353 y 3205660, e-mail [texcoper@pereira.cetcol.net.co](mailto:texcoper@pereira.cetcol.net.co)

en listones de madera cepillada o guadua, forrados en plástico (el mismo de la cubierta). Para incrementar la rigidez estructural de la malla en el fondo se colocan refuerzos en alambre galvanizado calibre 12 y vigas de guadua, cortada longitudinalmente.

- Para fincas con producción de hasta 120@ cps/año (SSP 120) (Figura 32). Se reemplazó el piso del secador presentado en el Avance Técnico No.305, por malla plástica referencia 5000, color negro. Para colocar la malla se construyó un entramado en latas de guadua, presentado en el informe anual del 2004. Para proteger al café de la lluvia e incrementar la temperatura en el interior del secador y para acelerar el proceso de secado, especialmente en las últimas etapas en las cuales el proceso de difusión de humedad en el interior del grano es acelerado por la temperatura (Montoya *et al.* 1990), se forraron la paredes con el plástico utilizado para la cubierta, dejando las partes frontal y posterior en dos tramos que se mantienen ligeramente abiertos, para permitir la salida del aire húmedo o exhausto. Adicionalmente, pueden abrirse totalmente el frente o el fondo del secador facilitando la entrada del operario. El secador tiene un área efectiva de 24m<sup>2</sup> y se opera en forma similar al SP15.



**Figura 32.** Secador solar parabólico para 120@ cps/año-SSP-120. Vista de lateral del secador y el café colocado sobre la malla referencia 5000 negra.

- Para fincas con producción anual de hasta 200@ de cps (SPP 200) (Figura 33). En el diseño se tuvieron en cuenta las modificaciones que han realizado los caficultores en el Huila, los productores afirman que éstas modificaciones permiten mayor capacidad estática de secado y mayor flexibilidad, sobretodo en épocas con flujos altos de café. En lugar del piso con malla empleado en el SPP 120, en este secador se utilizan 48 bandejas o paseras construidas con materiales similares a los empleados en el SSP 15. Las paredes son cerradas con plástico, igual que en el SSP120, dejando dos puertas para el acceso del operario y la entrada y salida del aire exhausto.

El secador está dividido en tres partes: dos laterales o alas 1 y 2, de un nivel, con seis bandejas de 1,4m<sup>2</sup> de área. En la parte central se cuenta con dos alas (ala C1 y ala C2) de tres niveles, cada uno con seis bandejas de menor área (1,0m<sup>2</sup>) por nivel. El área total del secador con bandejas expuestas a la radiación que logra pasar el plástico (aproximadamente el 80% del total) es de 28,8m<sup>2</sup>. Considerando las áreas de las bandejas de los niveles medio e inferior de la parte central, el área total para secado del café es 52,8m<sup>2</sup>.



**Figura 33.** Secador Solar Parabólico para 200 @ cps/año - SSP 200. Se observan: dos alas o laterales con bandejas (alas 1 y 2) y un sector central con bandejas dispuestas en tres niveles (alas C1 y C2).

• Secador UFV-Cenicafé 100, para fincas con producción de hasta 100@ de cps/año (Figura 34). Partiendo de las tecnologías para el secado del café para pequeños productores, desarrolladas en la Universidad Federal de Vicosa (UFV), se construyó un secador de 20m<sup>2</sup> (10, x 2,0m) utilizando guadua para el piso, los soportes del piso y para soportar el plástico de la cubierta; malla de polisombra para el piso y plástico tipo Agroplas para la cubierta y los laterales. Teniendo en cuenta el costo de los materiales, el tiempo empleado para construir el secador y el valor del salario a nivel rural, se considera que éste puede construirse con \$15.000 por m<sup>2</sup>, lo cual significa reducción en costo/m<sup>2</sup> de hasta 35% con relación al SSP 200. Adicional a la reducción del costo, el nuevo secador presenta, entre otras, las siguientes ventajas: 1) estructura más fácil de construir por personas sin experiencia; 2) no se requiere que el operario ingrese al secador para revolver el café, lo cual es especialmente importante en las horas de mayor temperatura interior, 1 a 2 pm; 3) mayor protección del café contra la contaminación por pisoteo del operario o de animales; 4) mayor resistencia contra las ráfagas de viento, por ser de menor altura que los modelos anteriores y 5) menor costo de mantenimiento del piso, la cubierta y los soportes.



Figura 34. Secador UFV-Cenicafé para 100 @ de cps/año.

El secador UFV – Cenicafé puede construirse para mayores o menores necesidades de secado, utilizando la misma sección y concepto de diseño.

### **Diseño, construcción y evaluación de un sistema modular prefabricado para el secado del café al sol. ING 0832.**

Se busca el desarrollo de uno o varios prototipos de secadores de café al sol que involucren el concepto modular y de desarme, que se tienen en otras áreas de infraestructuras prefabricadas comerciales, llevadas al campo del secado de granos de café lavado, con principios básicos en transferencia de masa y termodinámica en la eliminación de humedad. Inicialmente, se están explorando prototipos para fincas con producciones hasta de 500@ de café pergamino seco al año, buscando "armar" en las fincas solo la infraestructura de área necesaria para el secado de café, acorde con la producción de café del momento y evitando la mezcla de café con diferentes grados de humedad, lo que se traduce en el mejoramiento de la calidad final del producto. Se espera además, que se presente un incremento de la vida útil de los materiales por utilizarse sólo cuando se necesitan, lo que reduce más del 50% el tiempo de exposición a los rayos ultravioleta del sol, empleado en otros secadores solares convencionales.

A la fecha se estudian dos propuestas iniciales de secadores al sol, diseñados para una arroba de café pergamino seco por metro cuadrado de área de secado, y teniendo como base dos módulos de bandeja de 100 x 150cm y de 100 x 75cm, fabricados en varillón de 3,5 x 2cm y lata de madera de 7 x 2cm forrada en polietileno, provista de un área de secado con circulación de aire por ambas caras fabricada en malla plástica nylon referencia Red 5.000 color negro.

Las propuestas iniciales en estudio contemplan dos secadores simples de bandeja de 100 x 150cm y otro de 100 x 75cm, y un secador múltiple de bandejas y dos cuerpos desarmables, el cual se fabricó con guaduas enteras, latas de guadua de 5cm y listones de madera de 4 x 4cm, y que provee de 12 metros cuadrados de área de secado, operado durante el día con rotación de las bandejas. Para proteger de las lluvias y crear efecto invernadero, se utilizaron coberturas de plástico Agrolene Calibre 6, diseñadas inicialmente de acuerdo con las condiciones de uso.

Actualmente, se ha observado que: a) el costo en los prototipos propuestos para secar café al sol es cercano a \$27.000/m<sup>2</sup> instalado, e incluyen las bandejas de secado, la mano de obra y la cobertura plástica para protección del café de la lluvia y el efecto invernadero, b) la malla plástica acelera el proceso de secado al utilizar las dos caras para el desalojo de humedad frente a un secado convencional que se realiza por una sola cara.

## IV. Costos de Producción

### **Análisis biológico y económico de las labores del manejo de la broca del café durante la renovación de cafetales.**

Con el fin de determinar los costos del control preventivo de la broca durante la renovación

de los cafetales se evaluaron las prácticas de manejo en 10 fincas de los municipios de Chinchiná y Palestina. En ocho fincas se adoptaron las recomendaciones dadas por Cenicafé: recolección de los frutos verdes, aplicación del hongo *Beauveria bassiana* al árbol y al suelo antes del zoqueo, y uso de surcos trampa y dispositivos para la captura de adultos de broca.

En las otras dos fincas se renovaron los cafetales de acuerdo con los criterios del caficultor (testigos), lo cual implicó únicamente la aplicación de insecticidas y hongo en lotes vecinos. Las variables complementarias fueron el nivel de infestación semanal en los lotes circundantes y las capturas de adultos de broca en cinco dispositivos por lote zoqueado y en lotes vecinos. Se registraron como variables de interés los costos asociados a las labores realizadas en cada lote.

Los resultados indican que los niveles de infestación en el área circundante a los lotes renovados y las capturas de las brocas en los dispositivos fueron menores en los lotes renovados siguiendo las recomendaciones dadas por Cenicafé, lo cual implicará un beneficio en la cosecha siguiente. Además, se determinaron los costos en que se incurrieron en cada una de las actividades para el manejo de la broca, para cada una de las estrategias consideradas.



# Calidad y café especiales

## I. Calidad de café

Durante el año 2005, en el área de la calidad del café se continuó con el desarrollo del proyecto QIN3501 con varios experimentos y ensayos de investigación sobre los procesos del café en la finca, la calidad física, la calidad sensorial, y los hongos y la OTA en el café, buscando generar conocimientos y tecnologías para mejorar los procesos, conservar la calidad y asegurar la inocuidad del café de Colombia. Además, se realizaron diversas actividades de capacitación a caficultores y extensionistas encaminadas a la divulgación de las Buenas Prácticas de Higiene y las Buenas Prácticas de Proceso para el manejo del café en la finca. También se desarrollaron actividades en la investigación sobre el análisis sensoriales y en la composición química del café.

En calidad y los café especiales en el 2005 se continuó con el desarrollo de las investigaciones QIN3010 y QIN3011,

buscando métodos y sustancias que permitan la diferenciación del café de Colombia entre regiones y del café de otras procedencias geográficas y botánicas.

### **Mejoramiento de la calidad por medio de la prevención de formación de mohos. QIN3501.**

Proyecto desarrollado en Cenicafé, Almacafé y fincas de Chinchiná y Palestina (Caldas). Durante la ejecución de este proyecto, que hace parte del convenio FNC - Cenicafé - FAO- CFC - ICO, desde octubre de 2004 a septiembre de 2005, se realizaron las siguientes actividades:

- Análisis de calidad, de la presencia de hongos y OTA, en las muestras provenientes de los ensayos de beneficio y secado del café al sol, para el estudio de los riesgos para la calidad y la inocuidad del café, durante estos procesos de postcosecha.

- Muestreo y análisis de calidad, OTA y hongos, para la evaluación de los riesgos para la calidad del café durante el almacenamiento de café comercial en pergamino y almendra.

- Estandarización del proceso de análisis de Ochratoxina A por HPLC en Cenicafé, mediante una prueba interlaboratorios promovida por la FAO.

- Capacitación de agricultores y extensionistas en las Buenas Prácticas de Higiene para los procesos del café en la finca.

- Se realizó un seguimiento de la presencia de hongos en la pulpa de café en compostaje en siete fincas. Se tomaron muestras de pulpa fresca y a los tres y seis meses de compostaje, se registró en ellas el pH y la temperatura, y se determinó la presencia de mohos. Los microorganismos predominantes en la pulpa fueron las levaduras y los hongos del género *Cladosporium* spp. y *Aspergillus fumigatus*.

- Se expusieron los resultados sobre el secado del café en cereza y en pergamino, y se analizaron los efectos de los tipos de superficie de secado del café y de los procesos del beneficio en la calidad física y sensorial, así como la presencia de hongos y OTA en el café; también, se establecieron las Buenas Prácticas que deben seguirse en los procesos para mantener la calidad y la inocuidad del café. Se prepararon varios informes técnicos y dos presentaciones en español e inglés sobre los ensayos del secado del café y el efecto de los retrasos en su almacenamiento. Se prepararon artículos para publicación en CD-ROM de la FAO *Good hygienic practices along the coffee chain*.

### **Entrenamiento de catadores y funcionamiento del laboratorio de análisis de calidad del café y panel de catación. QIN0302.**

Durante el año 2005 se realizaron 7.327 análisis sensoriales de café. Se evaluaron 5.797 tazas provenientes de muestras de investigaciones sobre la calidad del café en los experimentos de la Disciplina correspondientes a ensayos de beneficio, de secado, de almacenamiento de café almendra y café pergamino y ensayos de mezclas de cafés y sabores. También se realizaron 1.530 pruebas sensoriales correspondientes al servicio de análisis físico y de catación de café a otras Disciplinas del Centro.

Se iniciaron las pruebas de selección y entrenamiento de nuevos catadores, con la participación de siete profesionales y analistas de laboratorio de Cenicafé. En total en el Panel de Catación se realizaron 1.605 pruebas de sabores básicos, 228 evaluaciones descriptivas y cuantitativas, 198 pruebas triangulares, 504 pruebas pareadas, y la evaluación de 1.301 muestras de aromas

Asesorías, publicaciones, capacitación, conferencias, cursos en aseguramiento de la calidad e inocuidad del café:

- Se dictaron 40 conferencias sobre las Buenas Prácticas de Higiene y de Proceso en la finca para el aseguramiento de la calidad de la bebida del café, y sobre la calidad de las variedades de café.

- Se participó en curso de entrenamiento de tostadores y compradores japoneses "El mundo detrás de una taza de café", con el desarrollo de los cursos E-learning sobre los procesos en la finca y con conferencias en inglés, sobre la calidad de las variedades de café cultivadas y comercializadas por Colombia.

- Se participó en el curso sobre "Unificación de criterios en el beneficio del café", con la participación del Servicio de Extensión de varios departamentos cafeteros.

- Se atendieron visitas sobre las Buenas Prácticas en las Instalaciones del Beneficio en el Quindío en mayo de 2005. Se capacitaron 1.182 caficultores, en charlas sobre la calidad, los factores que afectan la calidad y la implementación de Buenas Prácticas de Proceso en la finca.

- Se atendieron en el laboratorio de calidad 13 visitas de estudiantes y de extranjeros, con conferencias y explicaciones sobre la calidad del café y las investigaciones desarrolladas en Cenicafé. Entre las instituciones y empresas se encuentran: Universidad de Caldas, Universidad Católica, Mitsubishi, Fábrica Nestlé, Illy café, ICA, FNC, SCCA y varias empresas españolas.

- Se inició con la creación y el desarrollo de un sistema de información para el seguimiento de la trazabilidad de muestras de café de otros países de origen, así como del formato registrarla desde la finca hasta la venta del café pergamino.

#### **Estudio de perfiles sensoriales y componentes químicos del café de**

#### **Colombia para su verificación de origen y calidad. QIN3000.**

Las investigaciones QIN3010 y QIN3011 hacen parte del proyecto "Estudio de perfiles sensoriales y componentes químicos del café de Colombia para su verificación de origen y calidad", que se está desarrollando en Cenicafé dentro de las investigaciones del área estratégica Calidad y Cafés Especiales, con el objetivo de generar conocimiento y tecnologías para asegurar la calidad y la diferenciación del café de Colombia. Con estas investigaciones se busca generar la información científica necesaria para conocer el efecto de los factores geográficos, climáticos, edáficos y de origen, en la calidad del café de Colombia y así generar métodos para mejorar la competitividad, asegurar la calidad del producto y proteger al café de Colombia. Estas investigaciones son desarrolladas con recursos del Fondo Nacional del Café FON2.

Estas investigaciones están generando información sobre la calidad del café y los compuestos y los elementos químicos que lo componen, con el fin de determinar las especificaciones particulares al café de Colombia conferidas por el origen geográfico y botánico. Además, se está desarrollando un sistema de información para el registro de la trazabilidad del producto desde su origen en la finca y a través de toda la cadena de comercialización y almacenamiento, seguimiento que se hace mediante análisis físicos, químicos y sensoriales, es decir, hasta la bebida de café. Igualmente, se está avanzando en el desarrollo de un sistema de información geográfica para los lotes en estudio.

#### **Estudio de la calidad y del contenido de elementos químicos en el café de Colombia según los suelos y la altitud del cultivo. QIN3010.**

La investigación QIN3010 tiene como

objetivo específico conocer la composición química y la calidad del café cultivado en Colombia, para su diferenciación por origen. Se han desarrollado el cronograma y los procedimientos para la toma de muestras, así como la identificación y el registro de los datos necesarios para la evaluación de los factores de estudio: unidad de suelo, variedad botánica y altitud de la finca, en la calidad física y organoléptica del café y en la composición de elementos químicos en café, suelo y agua del beneficio, así como para el seguimiento de la trazabilidad del producto.

En esta investigación se evaluarán cerca de 1.300 lotes de café de 800 fincas cafeteras ubicadas en 70 municipios de toda la zona cafetera colombiana, las cuales están distribuidas en 30 unidades de suelo correspondientes a distintos materiales parentales. Cada lote muestreado se está caracterizando de acuerdo con sus datos climáticos, edáficos, de localización geográfica y número del ecotopo cafetero correspondiente; así mismo, se están registrando los datos de los procesos agronómicos y del beneficio del café. Las muestras recolectadas corresponden a las variedades, Castillo, Caturra, Típica, Borbón, Tabi y Maragogipe, siendo éstas las variedades más importantes en cada zona. Durante el año 2005, se está desarrollando la investigación en los departamentos de Antioquia, Quindío, Caldas, Cesar, Guajira, Santander y Risaralda, para lo cual se ha contado con la participación de los Comités y del Servicio de Extensión, así como de los jefes de las Subestaciones Experimentales de Cenicafé.

Se ha avanzado en las siguientes etapas dentro del plan operativo de la investigación QIN3010:

- Optimización de la metodología para el análisis de los elementos químicos por medio de la espectrometría de emisión óptica con

plasma inductivamente acoplado ICP-OES. Se ha logrado la calibración de la metodología para unos 25 elementos en muestras de café, para los rangos del contenido de los elementos químicos y las longitudes óptimas para el análisis y las condiciones de operación estandarizadas.

- Determinación y localización de fincas participantes en las zonas cafeteras de La Sierra Nevada, Quindío, Antioquia y Caldas.

- Toma y recepción de 52 muestras de suelos.

- Análisis de elementos disponibles en 42 muestras de suelos.

- Registro de información de unos 80 lotes con sus procesos agronómicos y las condiciones climáticas y de beneficio.

- Sistematización y automatización de la información de la investigación.

- Elaboración del Proyecto de trazabilidad de la cadena del café desde la finca a la comercialización.

### **Estudio de la calidad y la composición química de café de varios países de origen. QIN3011.**

Con la investigación QIN3011 se busca encontrar elementos químicos, compuestos químicos o características sensoriales que diferencien al café de Colombia de los cafés de otros orígenes botánicos y geográficos. La investigación se realizará en dos fases, una con muestras de café de otros países de origen y otra, con muestras del café comercializado en los países consumidores. En el estudio se han incluido muestras de unos 30 países productores de café localizados en Sur América, Centroamérica, África y Asia, incluyendo cafés de reconocida calidad,



así como, de otros países productores de cafés de inferior calidad y precio. Con esta información se busca generar conocimiento para el desarrollo de tecnologías y metodologías para la protección del café de Colombia de adulteraciones y por tanto, para la verificación de la autenticidad del Café de Colombia comercializado en el exterior, es decir, para la protección de la denominación de origen Café de Colombia..

Los datos de trazabilidad de las muestras de países se llevarán en formatos desarrollados especialmente para el registro de la información de origen y procesos del producto desde la región o finca, incluyendo las etapas de procesamiento, comercialización, transporte y almacenamiento, hasta su llegada al laboratorio. A cada muestra se le analizará su calidad y composición química.

### **Optimización de la metodología para el análisis de los elementos químicos en café, agua y suelos por la técnica ICP-OES.**

El análisis de los elementos químicos se está realizando por medio de espectrometría de emisión óptica con plasma inductivamente acoplado ICP-OES. Para la preparación de las muestras desde el café pergamino y almendra y los suelos hasta su análisis, se han estandarizado los procedimientos de preparación y tiempos. Además, se continuó con la etapa de calibración del equipo con el fin tener confiabilidad en los resultados y tener definidos los rangos de los niveles esperados y las longitudes de onda para cada elemento.

En la optimización de la preparación se buscan determinar los métodos de tratamiento de la muestra más eficientes, procurando obtener los menores márgenes de error en cuanto a la contaminación por cruce de muestras, así como las pérdidas de la misma durante los procesos de trilla, pesa,

secado, empaque, incineración, digestión y dilución. Se han evaluado las técnicas para obtener preparaciones y optimizado los pasos y cantidades necesarias en cada una de estas etapas, de tal manera que se ha optimizado el uso del tiempo y de los estándares. Se han mejorado los protocolos y las técnicas de preparación de las muestras para el análisis en ICP-OES.

A partir de octubre del año 2004 a la fecha se han analizado 67 muestras de café de procedencia colombiana y 15 muestras de café de otros países. Estas muestras de café se han preparado en varias concentraciones tanto para café verde como para tostado, con el fin de evaluar la cantidad de elementos químicos en cada preparación, pues como se sabe en el café los elementos químicos están distribuidos según su abundancia en elementos mayores y menores y trazas.

Se ha iniciado con la estandarización de la técnica de generación de hidruros para analizar los elementos As, Se, Sb, Te, Bi y Sn, los cuales deben transformarse primero a hidruros para luego determinarlos por ICP-OES, ya que esta técnica, mejora la sensibilidad con respecto a estos elementos.

También se ha iniciado la optimización de análisis de las muestras de aguas y suelos procedentes de fincas del país, con el fin de comparar los resultados de los contenidos de elementos químicos en el café con respecto a sus contenidos en el agua que se utiliza para beneficio, y en los suelos donde se cultiva el café.

En el momento se continúa con la optimización del análisis de elementos químicos en café, agua y suelos, con el objetivo de encontrar la mejor técnica de preparación de muestras, de preparación de estándares y las concentraciones de elementos en ellos, y las longitudes de onda óptimas para estos análisis según el elemento a evaluar.

Hasta ahora se han calibrado 25 elementos químicos con longitud de onda y estándares, para café verde y tostado, que son: Al, Ag, Au, Ba, Be, B, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Rb, S, Sr, Tl, V, Zn. También se ha avanzado en la estandarización de la preparación y análisis de suelos por ICP-OES, para esto se han analizado algunas muestras de suelo y evaluado varias técnicas reportadas en la literatura, lográndose la detección de Al, Au, B, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Rb, S, Sr, Zn y V.

Los resultados parciales analizados estadísticamente y técnicamente para muestras de café de Colombia y del extranjero han mostrado una buena diferenciación por origen botánico y algunos datos de interés para el origen geográfico.

### **Sistematización de información de calidad del café.**

Para el manejo de la información obtenida de las investigaciones QIN3010 y QIN3011 se comenzó el diseño del sistema de información y automatización de la información tanto para documentar la trazabilidad de las muestras de ambos experimentos, como para el manejo, la codificación, el registro de los datos y resultados de los análisis, los inventarios, la generación de gráficos y tablas y los informes de los proyectos. Se ha desarrollado las siguientes actividades:

- Creación y desarrollo del formulario de trazabilidad de muestras de café de países – 3011, para su uso desde los países de origen e intermediarios y su base de datos.
- Creación del formulario de trazabilidad de muestras de café pergamino y de suelos de Colombia – 3010.
- Inicio de sistematización de la información en el laboratorio.

Se ha avanzado en la búsqueda y recopilación de información de bases de datos de suelos de sistemas de información geográfica de otros países de interés en las investigaciones, comparado con la información de suelos de la clasificación para Colombia.

### **Análisis de composición química del café y OTA.**

Se realizaron 314 análisis físico-químicos de muestras de café verde y tostado, como color, pH, °Brix, sólidos totales, actividad del agua y contenido de humedad, usando métodos estandarizados. Se mejoraron los protocolos y documentación para el análisis en el laboratorio de compuestos químicos del café como cafeína, Ochratoxina A y elementos químicos. Igualmente se mejoraron los protocolos para el cumplimiento de las buenas prácticas de laboratorio, normas de higiene y seguridad.

### **Efecto de la fermentación posterior al desmucilaginado mecánico en la calidad en taza del café. ING 1120.**

Esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto que tiene dejar el café desmucilaginado en un tanque de reposo de un día para otro, actividad que viene realizando algunos caficultores, quienes afirman que es necesaria para obtener café con calidad superior, reconocida por compradores extranjeros. Con esta investigación se obtendrá información respecto a la recomendación de esta actividad en el proceso de beneficio del café y su efecto en la calidad en taza.

## **II. Cafés Especiales**

### **Perfiles cromatográficos del aroma del café tostado y molido según el sitio de siembra del cultivo.**

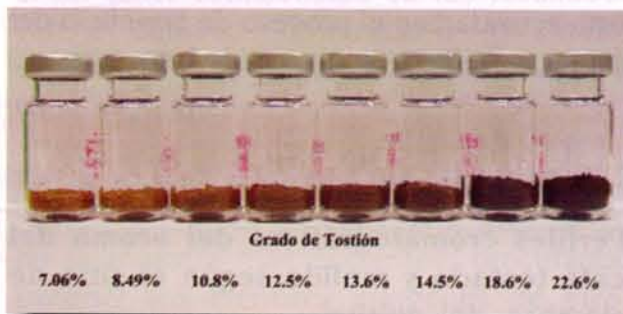
En este trabajo se estandarizaron las condiciones de la técnica de GC/MS para

estudiar la composición química de volátiles de café tostado y molido. Los volátiles se extrajeron mediante la microextracción en fase sólida, utilizando el polímero divinilbenceno/polidimetilsiloxano, que es específico para compuestos volátiles con un rango de masa de 30-250uma. Para la separación se utilizó la columna cromatográfica DBWax (polar). Del café tostado y molido proveniente de diferentes alturas, se separaron más de 80 compuestos, de los cuales se identificaron el 80% a través de los índices de Kovats y espectrometría de masas. Se destacó la familia de los compuestos heterocíclicos (furanos, pirazinas, piridinas, etc.) como los mayores constituyentes (siendo el mayor compuesto el furanometanol).

Se encontró que el grado de molienda (Figura 35), no tiene ningún efecto sobre la concentración de los compuestos volátiles identificados, mientras que con la variación en el grado de tostación (Figura 36), se han



**Figura 35.** Muestra de café tostado y molido con diferente tamaño de partícula. Malla 1 a 7 de izquierda a derecha, obtenidos con el molino Probat. Grado de tostación 14%.



**Figura 36.** Muestra de café tostado y molido con diferente grado de tostación, medido en porcentaje de pérdida de peso.

identificado compuestos como la mayoría de los furanos y las pirazinas, que tienen un comportamiento creciente a medida que el grado de tostación aumenta, de igual forma se han identificado compuestos que no tienen ningún efecto con el grado de tostación.

Adicionalmente se identificaron volátiles de café, al hacer reaccionar la tirosina y la cisteína con la glucosa, dando origen a la mayoría de los compuestos sulfurados del perfil de los volátiles de café y los furanos. Así mismo, al hacer la degradación térmica de la cafeína y trigonelina, se da origen a una serie de compuestos, como piridina, hexanal, pirazinas, metil furano y 3,5- pentadinona, entre otros.

Finalmente, se han desarrollado algunos ensayos de la formación de los volátiles en tres etapas de la tostación del café. En la primera etapa, se da la formación de los compuestos más volátiles, en la segunda de los furanos y en la tercera los de la familia de la pirazina.

### **Impacto económico del proyecto café especial La Vereda en el municipio de Riosucio, Caldas. ECO 0305.**

El café especial La Vereda, es un café exótico producido en Riosucio, Caldas por caficultores de la comunidad indígena Embera Chamí. La evaluación de impacto económico generada por la comercialización de este tipo de café se realizó mediante la conformación de flujos de fondos y la estimación del Valor Presente Neto (VPN), estos flujos son preliminares y están por tanto, sujetos a algunas variaciones a medida que se analice la información con la colaboración del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas. De manera preliminar, en la evaluación *ex-post* (lo que va transcurrido del proyecto), el proyecto ha representado en la zona un impacto económico positivo puesto que se

han generado ingresos brutos adicionales de \$ 1.747.148.165, por la venta del café especial realizada a partir de 1999 y hasta 2004. Este resultado ha significado para los caficultores contar con ingresos adicionales que se reflejan en las inversiones realizadas para el mejoramiento de su calidad de vida y de los sistemas de producción de café, así como la adecuación de aulas escolares, centros comunitarios, puestos de salud, despulpadoras, secadores y lombricultivos, entre otros. Lo anterior, indica que el proyecto ha cumplido con los objetivos propuestos por el Programa de Cafés Especiales de la Federación Nacional de Cafeteros. El análisis final de esta información será presentado

en la descripción de los beneficios sociales, una vez se recopile toda la información necesaria.

Así mismo, la proyección de las ventas realizada con base en las expectativas del mercado de este tipo de café, indica que el proyecto seguirá generando impacto económico positivo, debido a que se han estimado ingresos brutos adicionales que pueden estar entre \$735.475.751 y \$1.106.561.933 para los próximos 8 años, estos valores se han obtenido a partir de la evaluación *ex-ante*. Esto significa que es una simulación, estimando una prolongación de ocho años en el horizonte de vida del proyecto.



# Sistemas de producción complementarios

## I. Especies Forestales

**Ensayo de procedencias y progenies para dos especies forestales tropicales de alto valor comercial de la región cafetera colombiana, *Cordia alliodora* y *Tabebuia rosea*. ETI 0111.**

Para cada sitio experimental se han identificado las progenies de mejor desarrollo en el sexto año de evaluación, utilizando como el parámetro evaluador su productividad en volumen de madera ( $m^3/\text{árbol}$ ). Para *Cordia alliodora* las mejores progenies Marsella (R-I-1-3, R-I-2-2, R-I-1-4, R-I-7-1, R-I-9-1, R-I-1-3) y Guática (R-V-1-5) en Risaralda, Melgar (T-I-1-1), Mesitas del Colegio (CU-I-1-8) y Támesis (A-IV-1-2) (Tabla 46). Para *Tabebuia rosea* las mejores procedencias son las Centroamericanas, pero se destaca la procedencia de Quipile (CU-II-1-\*) en Santander (Tabla 47).

En los huertos clonales de *Cordia alliodora* establecidos en Paraguaicito y en Darién (Valle del Cauca), se establecieron

**Tabla 46.** Evaluación del desarrollo de las mejores progenies de *Cordia alliodora* en seis localidades de la zona cafetera colombiana.

Localidad	<i>Cordia alliodora</i>		
	Código de progenie	vcc en m <sup>3</sup> /ha (año 5)	vcc en m <sup>3</sup> /ha (año 6)
Hacienda La Romelia	R-I-1-3	51,00	68,89
	A-IV-1-2	39,26	49,70
Sub. Experimental Pueblo Bello	R-I-2-2	38,30	42,61
	T-I-1-1	36,77	40,85
Sub. Experimental Santander	R-I-1-4	67,01	97,89
	R-I-7-1	65,06	87,71
Hacienda La Blanquita	CU-I-1-8	49,07	57,24
	R-IV-1-1	37,63	46,00
Sub. Experimental El Líbano	R-I-9-1	46,76	49,59
	R-I-2-2	35,71	37,08
Finca La Cascada	R-I-1-3	60,44	72,33
	R-V-1-5	52,43	64,14

vcc (Volumen de madera con corteza).

**Tabla 47.** Evaluación del desarrollo de las mejores progenies de *Tabebuia rosea* en cinco localidades de la zona cafetera colombiana.

Localidad	<i>Tabebuia rosea</i>		
	Código de progenie	vcc en m <sup>3</sup> /ha (año 5)	vcc en m <sup>3</sup> /ha (año 6)
Hacienda La Romelia	Abr-95-24	46,28	63,69
	061/96A	44,25	59,36
Sub. Experimental Pueblo Bello	061/96	5,67	10,06
	SO-2386	3,93	8,55
Sub. Experimental Santander	CU-II-1-*	8,88	11,97
	Ago 95-30	4,14	4,75
Hacienda La Blanquita	Mar-96-09	28,86	54,96
	Abr-95-24	25,92	52,66
Sub. Experimental El Líbano	061/96A	9,71	12,08
	506/92	9,43	8,52

vcc (Volumen de madera con corteza).

52 de los mejores individuos de la especie en el país. Para diciembre de 2003, ambos huertos estarán en plena producción de semilla. Para el caso de Paraguaicito se tienen establecidos 620 árboles con una proyección de 1,0 a 1,5kg de semilla por árbol.

### **Conservación de recursos genéticos en la región andina colombiana. ETI 0112.**

Este proyecto tiene como objetivo la conservación de 28 especies forestales y 3 de palmas, en bancos de germoplasma.

El área plantada suma un total de 14,8ha, distribuidas en 5,15ha en zona cafetera y 8,65ha en zonas altas, por encima de 1.800m de altitud. En los bancos de la zona cafetera se destacan: el aceituno (*Vitex cooperii*), el cual crece a una tasa de 1,1m/año en Chinchiná y 0,9m/año en Belén de Umbría; el trapiche (*Prunus integrifolia*), con un desarrollo de 0,55m/año en Chinchiná, 0,89m/año en Belén de umbría y 0,87m/año en el Líbano, y con desarrollo óptimo en el Tambo con 1,1m/año; y el cedro negro (*Juglans neotropica*), el cual presenta un crecimiento de 0,65m/año en el Líbano, 0,75m/año en Herveo y 0,84m/año en Belén de Umbría.

En los bancos de germoplasma de la zona alta se destacan especies como el mondey (*Gordonia humboldtii*) que crece a 1,8m/año en Dosquebradas y 0,95m/año en Herveo, además del inicio de producción de semilla en diciembre de 2004; el chaquiro (*Retrophyllum rospigliosii*), con una adaptabilidad alta y está creciendo a 0,54m/año en Herveo y 0,85m/año en Dosquebradas. Dentro de los resultados es importante resaltar el desarrollo de *Podocarpus oleifolius* var *macrostachyus* en Dosquebradas, con un crecimiento anual de 0,45m/año, esto debido a que es una especie declarada en riesgo.

### **Silvicultura de especies forestales tropicales de alto valor comercial para la reforestación industrial. ETI 0113.**

Para el quinto año de edad de las plantaciones de aliso (*Alnus acuminata* spp *acuminata*) en Gigante (Huila) y de tambor (*Schizolobium parahyba*) en Planeta Rica (Córdoba), se aplicó el tratamiento cuatro de densidad, es decir, que se redujo el número de individuos por hectárea, pasando de 1.666 a 1.111 plantas/ha y de 833 y 633 plantas/ha, respectivamente. Para el aliso, el crecimiento medio anual en diámetro es de 2,35cm/año en diámetro y 2,57m/año en altura, superior al crecimiento de especies como el pino pátula (*Pinus patula*) y ciprés (*Cupressus lusitanica*), mientras que

para el tambor el crecimiento medio fue de 2,16cm/año en diámetro y 2,17m/año en altura.

Para las especies chaquiro (*Retrophyllum rospigliosii*) en El Tambo, y solera (*Cordia gerascanthus*), se aplicó el tratamiento dos, en el cual se realizó una entresaca reduciendo la densidad de siembra de 1.666 a 1.111 árboles/ha. Para solera el crecimiento medio anual en diámetro es de 1,59cm/año y para chaquiro es de 1,32cm/año.

### **Evaluación de la diversidad genética de forestales en la zona cafetera colombiana. ETI 0118.**

Se establecieron dos bancos de germoplasma en las Subestaciones Experimentales de Cenicafé, El Rosario y El Tambo (Tablas 48 y 49).

### **Desarrollo de modelos sostenibles de manejo silvicultural y producción de las especies de interés para el fortalecimiento de la actividad forestal en la cuenca del río Chinchiná. ETI 0124.**

El primero de septiembre del año 2005 se inició la ejecución del proyecto que tiene como principal objetivo aportar los elementos de manejo necesarios para las especies nogal cafetero (*Cordia alliodora*), guayacán rosado (*Tabebuia rosea*), cedro (*Cedrela odorata*) y guadua (*Guadua angustifolia*), en cuanto a la calidad y disponibilidad de la semilla utilizada para sus plantaciones, manejo de plagas y de enfermedades, y la estimación de su productividad en volumen de madera (m<sup>3</sup>/árbol).

### **Conservación de la calidad de la semilla de 7 especies forestales nativas, bajo condiciones de almacenamiento. ETI 0121.**

En cuanto al almacenamiento de semilla para las especies *Alnus acuminata* (aliso),

*Prunus integrifolia* (trapiche), *Guarea guidonia* (cedrillo), *Juglans neotropica* (cedro negro), *Quercus humboldtii* (roble), *Retrophyllum rospigliosii* (chaquiro) y *Cordia gerascanthus* (solera), no se

cuenta con suficiente información en nuestro país acerca de las mejores condiciones de almacenamiento y el manejo de factores como temperatura, contenido de humedad

**Tabla 48.** Características de los dos bancos de germoplasma establecidos en dos Subestaciones Experimentales de Cenicafé.

Característica	Subestación El Tambo	Subestación El Rosario
Área (hectáreas)	3,0	1,5
Fecha de establecimiento	Diciembre 17 de 2004	Diciembre 24 de 2004
Diseño	Bloques al azar	Bloques al azar
Tamaño de parcela	25 (árboles)	16 (árboles)

**Tabla 49.** Listado de las especies establecidas en cada banco de germoplasma.

Especie	Nombre científico	Subestación El Rosario	Subestación El Tambo
Abarco	<i>Cariniana pyriformis</i>	X	
Aceituno	<i>Vitex cooperii</i>	X	
Árbol del Pan	<i>Artocarpus altitis</i> (introducida)		X
Balauste	<i>Centrolobium paraense</i>	X	
Barcino	<i>Calophyllum brasiliense</i>	X	
Cajeto	<i>Delostoma roseum</i>		X
Cariseco	<i>Billia rosea</i>	X	
Cascarillo	<i>Ladenbergia macrophylla</i>		X
Cedro de altura	<i>Cedrela odorata</i>		X
Cedro negro	<i>Juglans neotropica</i>	X	X
Ceiba Tolúa	<i>Pochota quinata</i>	X	
Chaquiro	<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	X	X
Comino crespó	<i>Aniba perutilis</i>	X	
Cucharó	<i>Rapanea guianensis</i>		X
Diomate	<i>Astronium graveolens</i>	X	
Guayacán de Manizales	<i>Laphoensia puniceifolia</i>		X
Igua amarillo	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	X	
Lechudo	<i>Pseudolmedia rigida</i>	X	
Nogal cafetero	<i>Cordia alliodora</i> (Bolsa 5kg)	X	X
Otobo	<i>Otoba novogranatensis</i> (Manzanares)		X
Piñón de oreja	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	X	
Quimulá	<i>Cytharexylum subflavescens</i>	X	X
Roble	<i>Quercus humboldtii</i>		X
Tambor	<i>Schizolobium parahyba</i>	X	X
Trapiche	<i>Prunus integrifolia</i>	X	X



y empaques, por lo cual, esta investigación es pionera y los resultados pueden servir de base para continuar futuros estudios al respecto.

De los datos obtenidos durante 6 meses de observaciones se observan las siguientes tendencias de pureza, peso, contenido de humedad y viabilidad por especie (Tabla 50).

***Alnus acuminata* (aliso).** Los resultados a los 3 meses de almacenamiento mostraron que el mayor porcentaje de germinación (21%) ocurrió en las semillas almacenadas a 12°C, sin ningún tratamiento pregerminativo. Las semillas almacenadas a temperatura ambiente (testigo) no germinaron, por lo cual es posible que las temperaturas superiores a 20°C, afecten rápidamente la viabilidad de las semillas. Los resultados de la prueba de tetrazolio concuerdan con las pruebas de germinación, indicando la confiabilidad de esta prueba para esta especie.

***Cordia gerascanthus* (solera).** Debido a que el endospermo de esta especie es dulce, la semilla es muy susceptible al ataque de hormigas del género *Acromirmex*, las

cuales deterioran la semilla y disminuyen la viabilidad.

Para esta especie se obtuvo una germinación del 80%, cuando las semillas se almacenaron a una temperatura de 12°C, y éstas tuvieron un tratamiento pregerminativo de inmersión en agua durante 4 horas. Mientras que la germinación de la semillas almacenadas a temperatura ambiente (testigo) fue del 6%, lo cual indica que no es la temperatura mas adecuada para la conservación de la viabilidad de la semilla.

***Quercus humboldtii* (roble).** Al tercer mes de almacenamiento la viabilidad se redujo totalmente para las semillas en las tres temperaturas evaluadas, siendo posible que el empaque no cumpla eficientemente con la conservación de la humedad inicial de almacenamiento.

***Retrophyllum rospigliosii* (chaquiro).** Para el tercer mes de almacenamiento los resultados de la prueba de tetrazolio muestran que el mayor porcentaje de viabilidad, con un 40%, se presenta con la temperatura ambiente. Estos datos concuerdan con lo registrado en la literatura, respecto a que las especies

**Tabla 50.** Resultados de las pruebas de pureza, peso, contenido de humedad y viabilidad, de 7 especies forestales nativas.

Especie	Pureza (%)	Peso (Número de semillas por kilogramo)	Contenido de humedad de almacenamiento (%)	Viabilidad inicial (%)
<i>Alnus acuminata</i>	70	3.617.901	8,6	54
<i>Cordia gerascanthus</i>	76	53.408	9,93	70
<i>Guarea guidonia</i>	94	2.963	9,41	82
<i>Juglans neotropica</i>	98	30	15,15	42
<i>Quercus humboldtii</i>	96	101	26,98	62
<i>Retrophyllum rospigliosii</i>	97	699	30,42	64
<i>Prunus integrifolia</i>	97	890	46,73	40

recalcitrantes necesitan temperaturas de almacenamientos superiores a 15°C.

***Prunus integrifolia* (trapiche).** En el tercer mes de almacenamiento, el testigo (temperatura ambiente) sufrió un ataque severo de patógenos, entre los cuales se observó principalmente, la bacteria *Erwinia* sp, la cual causó el daño en la semilla, mientras que en el sustrato de almacenado (aserrín), se identificaron los hongos *Penicillium* sp y *Trichoderma* sp.

### **Validación del modelo de arquitectura, interceptación de la radiación, intercambio gaseoso, crecimiento y captura de carbono, por especies forestales nativas e introducidas.**

La investigación se llevó a cabo en el marco del "Convenio especial para la investigación N° CEN 325 - 2004 entre la Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal - CONIF y La Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Centro Nacional de Investigaciones de Café - CENICAFÉ, con el aporte económico del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, en el marco del programa "Investigación y transferencia de tecnologías a la cadena forestal productiva en el marco de la política de manejo social del campo y la política de estímulo a la reforestación comercial en Colombia".

El "Modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico - CREFT V.1.0", es una herramienta que permite cuantificar el crecimiento y la captura de carbono por especies forestales nativas e introducidas en condiciones del trópico. El modelo calcula la biomasa y composición mineral incluido el carbono, en cada uno de los compartimentos u órganos, mediante la simulación de procesos físicos y fisiológicos como la fotosíntesis, la respiración, la partición de los asimilados

y el crecimiento foliar, entre otros, a partir de información climática (brillo solar diario, temperatura máxima y mínima diaria) y de localización del sitio de siembra de la plantación (latitud, longitud y altitud).

En caso de que el usuario no tenga disponible la serie de datos climáticos para un sitio en particular, el programa localiza vectorialmente la estación climática más cercana, concordante con los estudios de regionalización de brillo solar y temperatura que para Colombia ha publicado Cenicafé. De esta manera realiza inmediatamente las correcciones por altitud, y alimenta los diferentes procesos físicos y fisiológicos de simulación y cálculo a saber: A). Cálculo de la Radiación Fotosintéticamente Activa directa y difusa; B). Cálculo del tiempo térmico; C). Interceptación de la radiación por el dosel; D). Fotosíntesis bruta y neta diaria; E). Respiración diaria; F). Distribución de la biomasa en los diferentes órganos; G). Cálculo alométrico de los volúmenes de madera; H). Cálculo de biomasa y carbono en otros compartimentos (Necromasa); I). Cálculo de la absorción de nutrientes.

El modelo produce salidas en forma de tablas y graficas. Esto permite observar la evolución del crecimiento en términos de la acumulación y distribución de la biomasa, y obtener los valores del carbono y los nutrientes almacenados en el tiempo simulado.

En esta primera versión, el modelo permite hacer los cálculos para proyectos de reforestación donde se le da un manejo comercial a la plantación, acorde con las tecnologías de cultivo desarrolladas por las empresas reforestadoras del sector en Colombia, y el manejo silvicultural de cada especie en particular.

### **Interceptación de la radiación, acumulación y distribución de biomasa y contenido de carbono en**

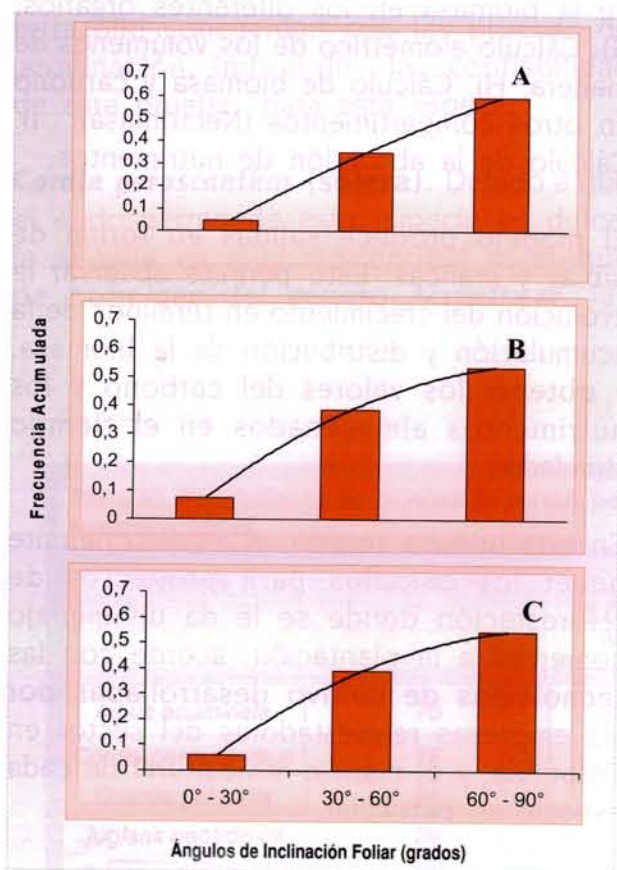
## la especie *Pinus patula* Schiede & Deppe.

El proyecto se lleva a cabo con la cofinanciación de Smurfit – Cartón de Colombia, y busca ampliar el número de especies disponibles para el Modelo CREFT. Los principales resultados obtenidos son:

**- Arquitectura de los árboles.** La arquitectura de *P. patula* en cada una de sus edades presentó características erectófilas en sus tres estratos, lo que indica que el mayor porcentaje de los ángulos de inclinación foliar se encontró entre 60 y 90° (Figura 37).

### - Determinación del crecimiento y acumulación de biomasa por órgano.

Para esta especie se observaron bajas tasas de crecimiento lo que se evidenció en la

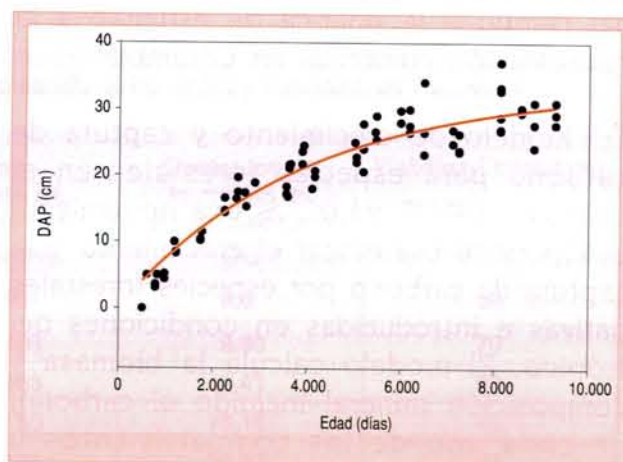


**Figura 37.** Distribución de ángulos foliares para los estratos inferior (A), medio (B) y superior (C).

acumulación de biomasa, incremento en el área foliar, en la longitud del tallo y en el DAP.

El diámetro normal, también conocido como diámetro a la altura del pecho (DAP), es una medida estandarizada internacionalmente y se toma a 1,3m de altura. Para *P. patula* el DAP tuvo un comportamiento exponencial asintótico con respecto a la edad (Figura 38). Este diámetro tendió a estabilizarse alrededor de los 28cm, en plantaciones manejadas con densidades estables de 1.100 árboles.ha<sup>-1</sup>. Investigadores reportan que el DAP para plantaciones de alta densidad se mueve en un rango de 20 a 30cm a los 20 años, aunque puede alcanzar de 50 a 80cm en plantaciones de mayor edad y menos densidad. Otra característica de la especie es la corteza café rojizo en la base, con placas pequeñas separadas por fisuras poco profundas, de 2 a 5cm de espesor a la altura del pecho, tornándose lisa, decidua y de tonalidad rojo naranja después de los 3 a 4m de la base.

De acuerdo con la distribución porcentual de biomasa por órganos (Figura 39), se observa que el tallo es el único componente que



**Figura 38.** Comportamiento del DAP en *Pinus patula* a través del tiempo.

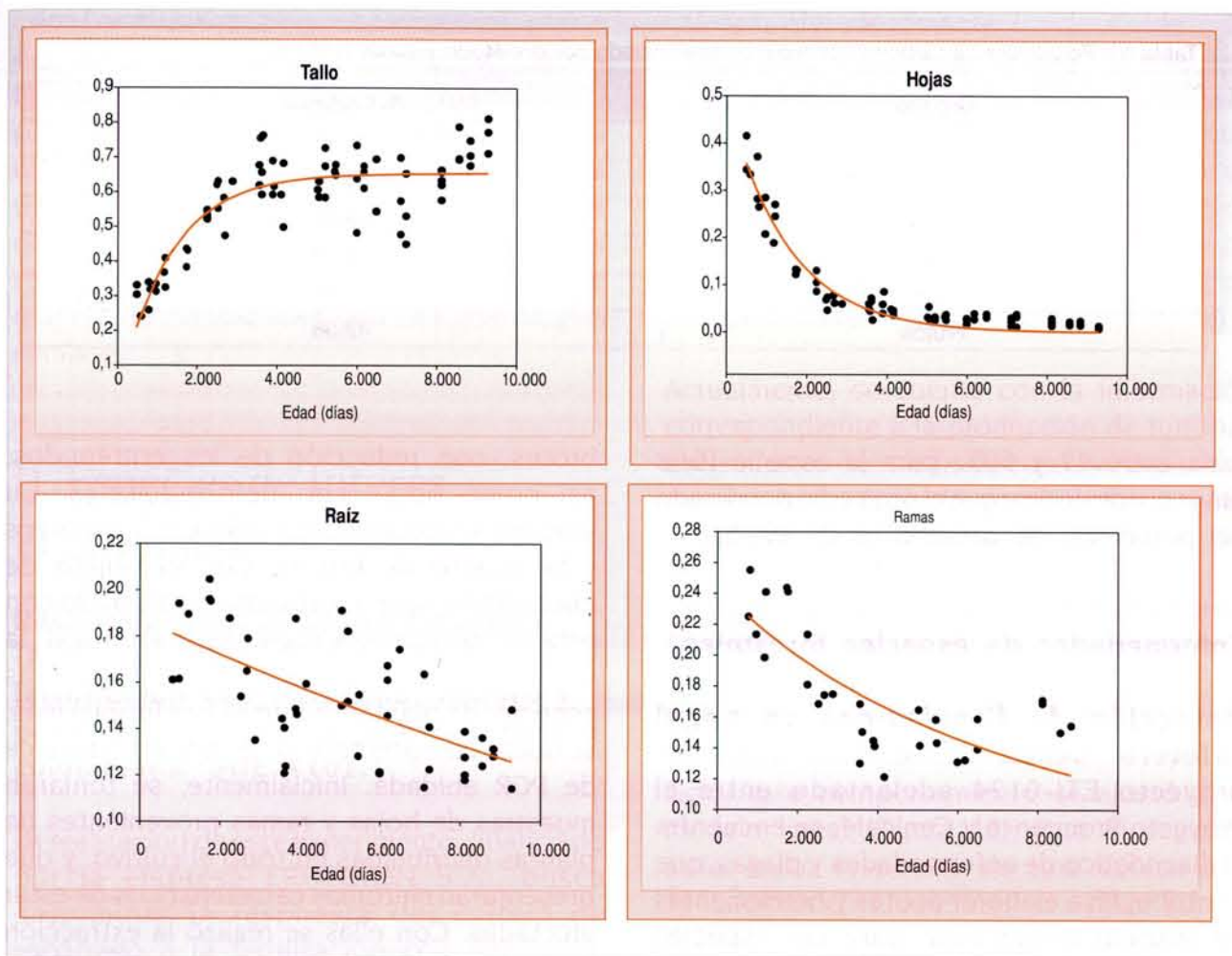


Figura 39. Distribución porcentual de la biomasa por órganos en *Pinus patula* a través del tiempo.

exhibió un comportamiento creciente, logrando su asíntota alrededor del 70%. Por otro lado, los demás órganos presentaron tendencia decreciente alcanzando su estabilización cerca del 13% en raíces, 14% en ramas y 3% en hojas.

• **Determinación del carbono almacenado por órgano y carbono total.** La producción forestal tiene influencia sobre el balance de carbono en dos vías, la primera por la fijación del  $\text{CO}_2$  y la posterior formación de cadenas carbonadas como la celulosa que determina el incremento en biomasa, y la segunda, por la emisión de  $\text{CO}_2$  debida a la mortalidad de órganos, la respiración y la

descomposición de los residuos no utilizados por el hombre en el aprovechamiento de la madera.

Como resultados preliminares se ha obtenido que en las raíces es donde se aprecian los mayores porcentajes de carbono, seguido por el tallo y las ramas. Los contenidos de carbono más bajos se encuentran en las hojas, cortezas y frutos (Tabla 51). Los valores de carbono permanecen casi constantes en el tiempo y la mayor variación se observa entre órganos. En general, se encuentra en la literatura que el contenido de carbono de la madera en las coníferas arbóreas está entre 50 y 53%, mientras que en las especies de hoja ancha

**Tabla 51.** Porcentaje de carbono por órgano, determinado por el método Walkley & Black.

Órgano	% Carbono
Tallo	49,60
Corteza	48,14
Ramas	48,69
Raíz	50,66
Hojas	47,41
Frutos	43,36

varía entre 47 y 50%; para la especie *Pinus patula* puede decirse que el promedio ponderado del porcentaje de carbono es de 49,5%.

### Enfermedades de especies forestales

#### Detección de fitoplasmas en nogal

**cafetero:** Dentro de las actividades del proyecto ETI-0124 adelantado entre el Proyecto Procuena y Cenicafé, se encuentra el diagnóstico de enfermedades y plagas, que contribuyan a elaborar pautas y herramientas de manejo silvicultural para las especies aliso (*Alnus acuminata* spp *acuminata*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*), guayacán rosado (*Tabebuia rosea*), guadua (*Guadua angustifolia*), pino pátula (*Pinus patula*), ciprés (*Cupressus lusitanica*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*) y arboloco (*Montanoa quadrangularis*). Hasta el momento se han adelantado estudios para encontrar la causa de una enfermedad en la especie nogal cafetero (*Cordia alliodora* (Ruiz y Pabón) Oken). En una visita realizada a una plantación comercial de nogal de 2 años de edad con aproximadamente 3 hectáreas, se hizo el reconocimiento del problema que está afectando drásticamente esa plantación. El cultivo se encuentra ubicado en la finca La Irlanda localizada en la vereda Santágueda (Palestina, Caldas). Entre los síntomas se observa un escaso desarrollo en los árboles (enanismo), debido al acortamiento de los entrenudos en el tallo y las ramas, también ocurre una alta proliferación de ramas y

brotos, con reducción de los entrenudos, así como hojas con deformaciones. En ataques avanzados se evidencia la necrosis y la muerte de brotes. Con el objeto de encontrar el agente causante involucrado con esta sintomatología presentada en nogal, la cual es muy similar a lo encontrado en otras especies de plantas enfermas por fitoplasmas, se utilizó como método de detección la técnica de PCR anidada. Inicialmente, se tomaron muestras de hojas y ramas provenientes de plantas distribuidas en todo el cultivo, y que presentaran síntomas característicos de estar afectadas. Con ellas se realizó la extracción de los ácidos nucleicos, contando también con tejido sano de nogal proveniente del vivero forestal de Cenicafé, a las cuales se les aplicó el mismo procedimiento. Las evaluaciones muestran la presencia de fitoplasmas en el tejido enfermo, situación que no fue observada con el tejido sano. Para la verificación 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 el nogal. Usando en una primera ronda los pares de iniciadores P1/P7 y en la segunda los iniciadores CCF/CCR, se amplificó un fragmento de 941 pares de bases, el cual fue secuenciado. La comparación de la secuencia amplificada proveniente del tejido afectado de nogal muestra porcentajes de similitud del 99 y el 98%, respectivamente,

con fitoplasmas pertenecientes al grupo del (X-Disease). Teniendo presente que los fitoplasmas necesitan de insectos vectores para su transmisión en la naturaleza, esta información será tenida en cuenta para orientar trabajos hacia la búsqueda de la especie vectora. Los resultados de estos trabajos servirán para adelantar programas de manejo de plantaciones con sintomatologías similares.

## II. Especies de Interés Económico

### Respuesta del cultivo de espárrago (*Asparagus officinalis* L.) a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en suelos de la zona cafetera colombiana. SUE 1101.

La realización de este experimento, financiado por la empresa ERUPCION S.A., busca determinar la respuesta del cultivo de espárrago a la fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio en dos fincas de la zona

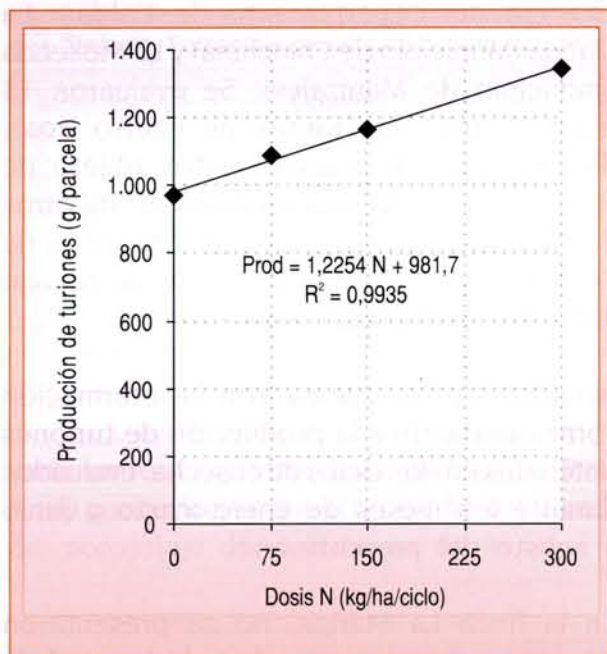
cafetera del departamento de Caldas: La Marina (Municipio de Chinchiná) y La Molienda (municipio de Manizales). Se evaluaron 13 tratamientos, resultantes de cuatro dosis de cada uno de los elementos objeto de estudio y dejando fijas las dosis de los otros dos elementos, y algunas combinaciones de nitrógeno y potasio, además de un testigo absoluto (Tabla 52).

Actualmente, se cuenta con la información correspondiente a la producción de turiones obtenidos en dos ciclos de cosecha, evaluados durante los meses de enero-marzo y junio – agosto del presente año.

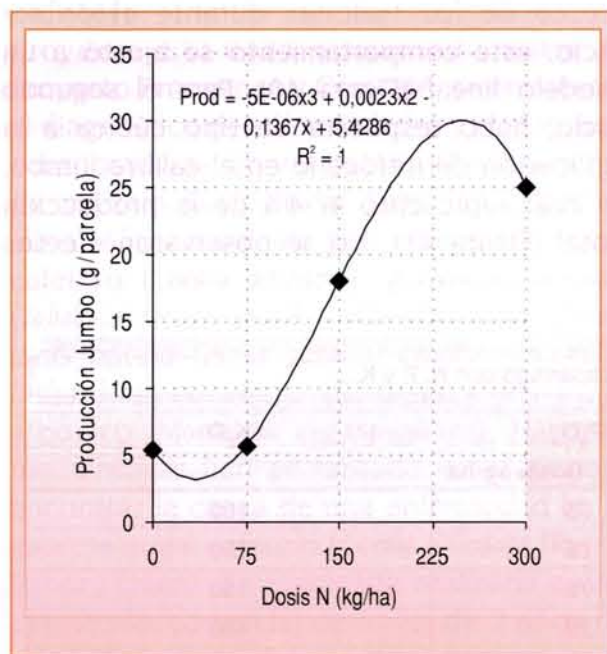
En la finca La Marina, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos. Pese a lo anterior sí se registró el efecto de la fertilización con nitrógeno sobre el peso fresco de los turiones durante el primer ciclo; este comportamiento se ajustó a un modelo lineal (Figura 40). Para el segundo ciclo, hubo respuesta de tipo cúbica a la aplicación de nitrógeno en el calibre jumbo, el cual representó el 4% de la producción total (Figura 41). No se observaron efectos

**Tabla 52.** Descripción de los tratamientos de fertilización de espárrago con N, P, y K.

Tratamiento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O
		Dosis kg/ha		
1	0	75	150	150
2	75	75	150	150
3	150	75	150	150
4	300	75	150	150
5	150	0	150	150
6	150	50	150	150
7	150	150	150	150
8	150	75	0	0
9	150	75	75	75
10	150	75	300	300
11	75	75	75	75
12	75	75	300	300
13	0	0	0	0



**Figura 40.** Respuesta de la producción de turiones a la aplicación de N durante el primer ciclo. Finca La Marina.



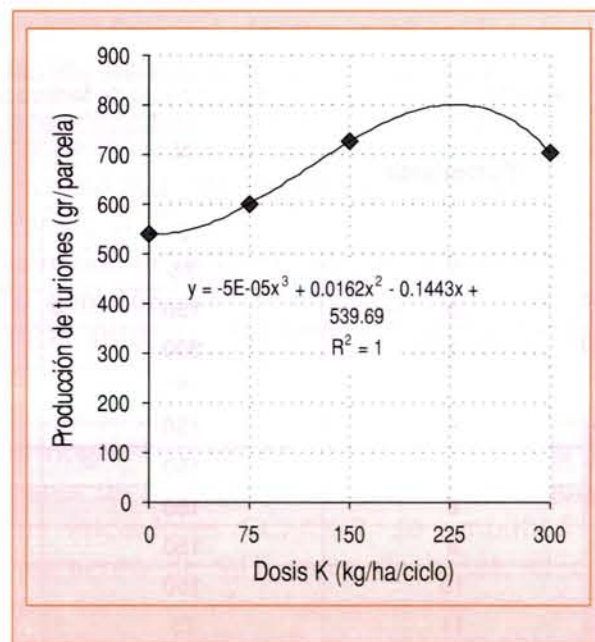
**Figura 41.** Respuesta de la producción calibre Jumbo, a la aplicación de N durante el segundo ciclo. Finca La Marina

significativos a las aplicaciones de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  y las combinaciones de N y  $K_2O$ .

Para el caso de la finca La Molienda no hubo efecto de los tratamiento sobre el peso

total de los turiones en el primer ciclo; sin embargo, para la producción obtenida en la categoría Standard, la cual representó el 19% de la producción total, el tratamiento 11 (218,7g) presentó el promedio más bajo y se diferenció estadísticamente de los tratamientos 5 (331,4g) y 2 (328,6g).

En la segunda cosecha se registró un promedio mayor de peso de los turiones en los tratamientos con las mayores dosis de  $K_2O$ . El tratamiento 12 (75, 75 y 300kg/ha) fue estadísticamente mayor que el testigo absoluto; de igual manera, éste presentó un promedio de peso mayor que el tratamiento 8, el cual corresponde a la dosis cero de este mismo elemento (150, 75 y 0kg/ha/ciclo). La respuesta al potasio, obtenida en este ciclo, se ajustó a un modelo cúbico (Figura 42). En cuanto a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfóricos no se presentaron efectos significativos. Para este mismo ciclo, el promedio del tratamiento 11 (595g) fue menor que el de tratamiento 9 (726g).



**Figura 42.** Respuesta de la producción de turiones a la fertilización con K durante el segundo ciclo. Finca La Molienda.

**Estudio de crecimiento, fenología y pronósticos de cosecha de naranja Valencia sobre Sunki x English y CPB 4475, en la zona centro occidente de Colombia.**

Con el objetivo de determinar el comportamiento del crecimiento y fenología del fruto, así como de medir la acumulación de biomasa y conocer el potencial de captura de carbono del cultivo de naranja Valencia, se viene desarrollando este proyecto, cofinanciado por el Fondo Nacional de Fomento Hortifrutícola y ASOCITRICOS.

El estudio se está realizando en dos zonas productoras correspondientes a la zona central cafetera de Colombia, en la hacienda "La Indiana" que se encuentra ubicada en el municipio de Chinchiná-Caldas, a 1.000m de altitud y con alta influencia del embalse de la Esmeralda. La segunda zona, corresponde al suroeste antioqueño, sobre la cordillera occidental vertiente oriental, en los municipios de Támesis, Fredonia y La Pintada, principalmente en la hacienda "La Cristalina". Se presentan los resultados más relevantes de la segunda zona de estudio.

**- Fenología del fruto.** Actualmente se cuenta con el registro completo de las cinco primeras floraciones emitidas en ambos patrones, consistente en la totalidad de los datos obtenidos mediante el monitoreo fenológico de crecimiento del fruto, desde el momento de evaluación de los respectivos porcentajes de cuajamiento hasta la cosecha de los frutos correspondientes a cada una de dichas floraciones.

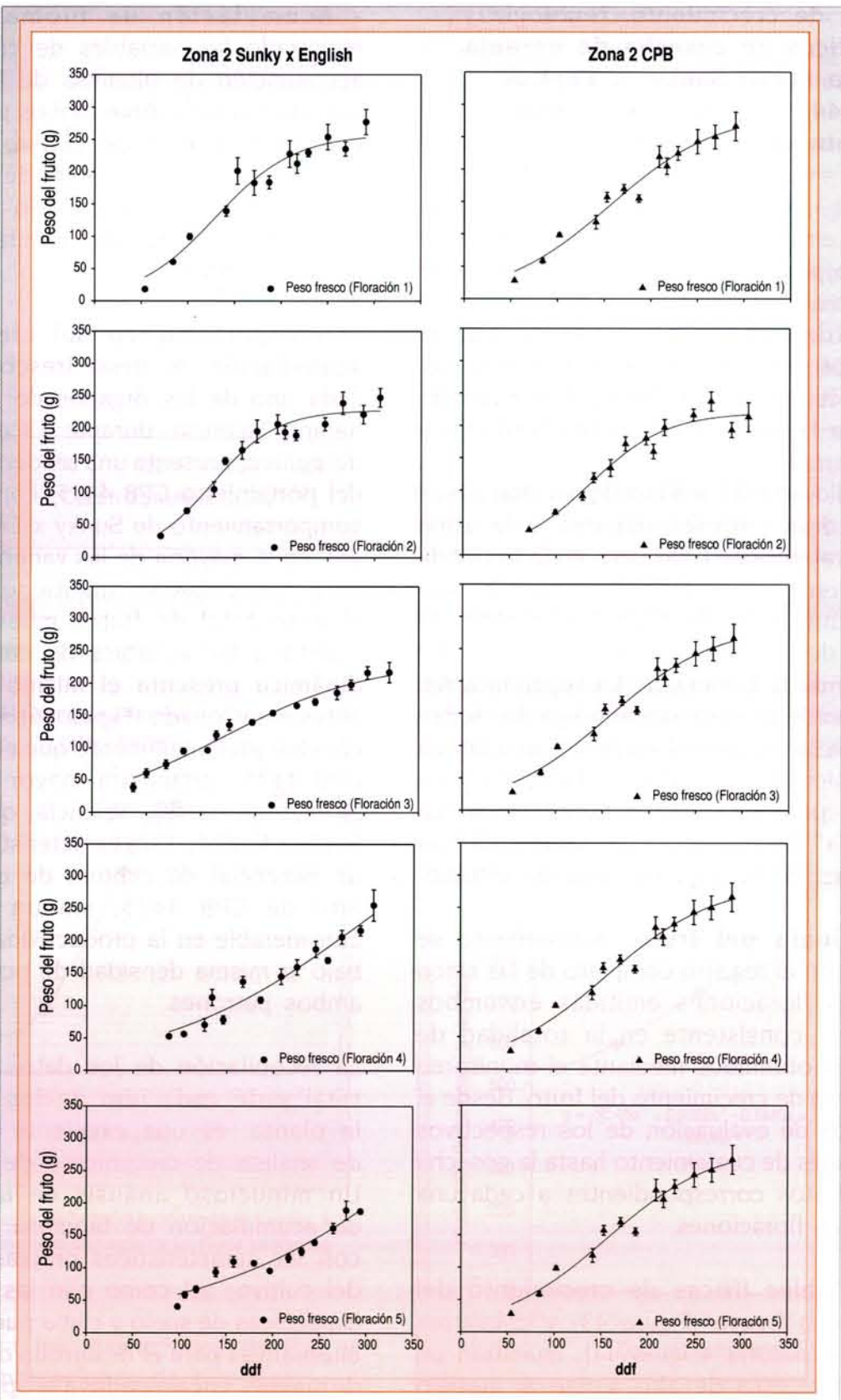
Las variables físicas de crecimiento del fruto: peso fresco (Figura 43) y diámetros polar y ecuatorial (Figura 44), muestran un comportamiento de alto ajuste al modelo sigmoideal de tres parámetros, tendencia típica del crecimiento y desarrollo vegetal.

**- Acumulación de biomasa.** Se han registrado las variables de crecimiento y acumulación de biomasa de la planta de naranja Valencia sobre ambos portainjertos, bajo condiciones de cultivo y vida útil comercial, con el ánimo de determinar la dinámica de su desarrollo vegetativo y conocer el potencial de captura de carbono de este cultivo.

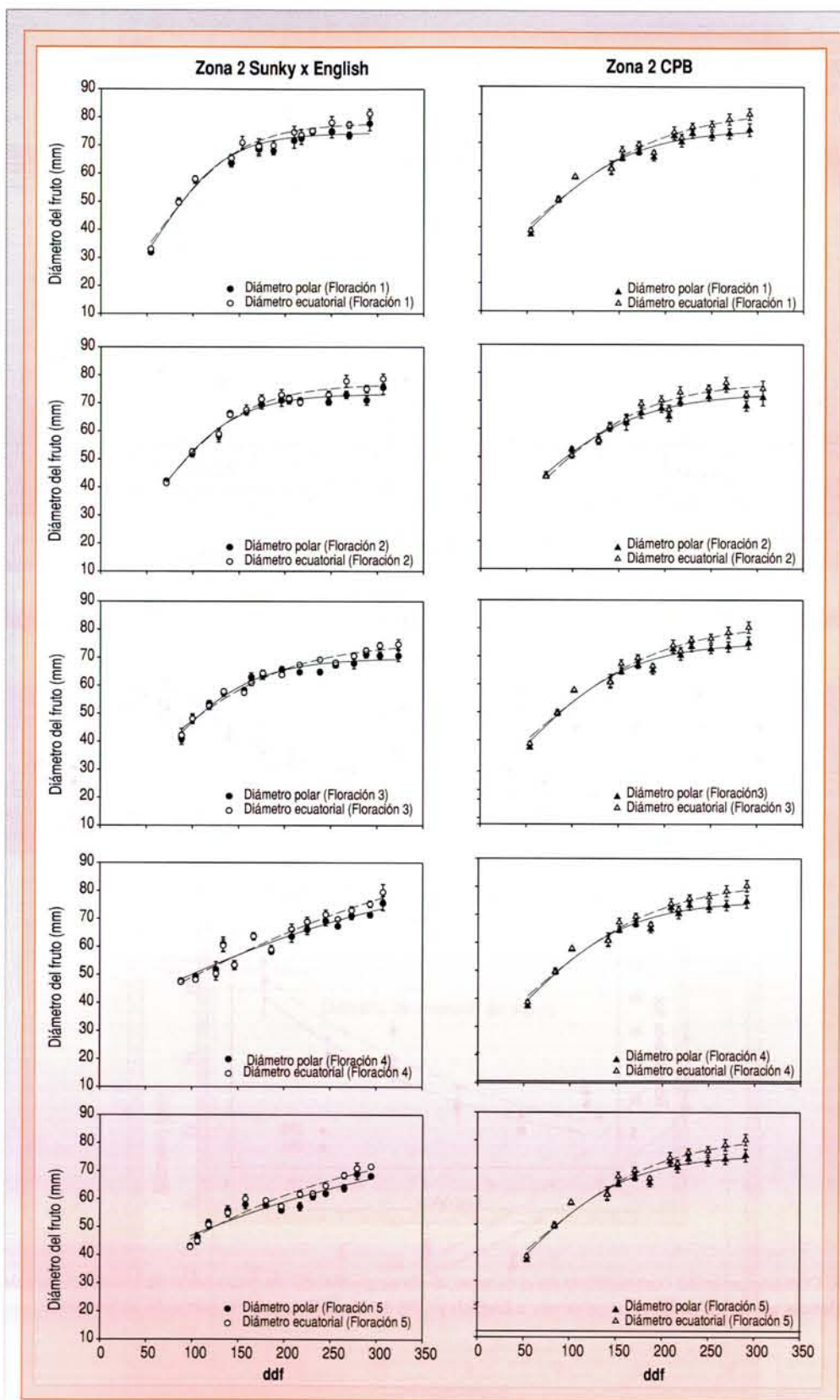
El comportamiento del crecimiento y acumulación de peso fresco y seco de cada uno de los órganos de la planta de naranja Valencia, durante 13 años de vida del cultivo, presenta una tendencia favorable del portainjerto CPB 4475, con respecto al comportamiento de Sunki x English (Figura 45), en la mayoría de las variables medidas. Esta tendencia se mantiene incluso en el peso total de frutos muestreados. En cuanto a las variables de crecimiento, la dinámica presenta el mismo desempeño antes mencionado (Figura 46), lo que lleva a concluir preliminarmente que el portainjerto CPB 4475, suministra mayor porte a los árboles de naranja Valencia, que el patrón Sunki x English. Esta característica vislumbra un potencial de captura de carbono más alto de CPB 4475, sin un detrimento considerable en la productividad por árbol, bajo la misma densidad de población para ambos patrones.

La recopilación de los datos de biomasa total y de cada uno de los órganos de la planta, es una excelente herramienta de análisis de crecimiento de los árboles. Un minucioso análisis de las variables de acumulación de biomasa, relacionado con las características propias de manejo del cultivo, así como con las condiciones específicas de suelo y clima pueden mostrar alternativas para el desarrollo de estrategias de manejo, encaminadas a la optimización de los recursos y por consiguiente al aumento del rendimiento productivo y económico

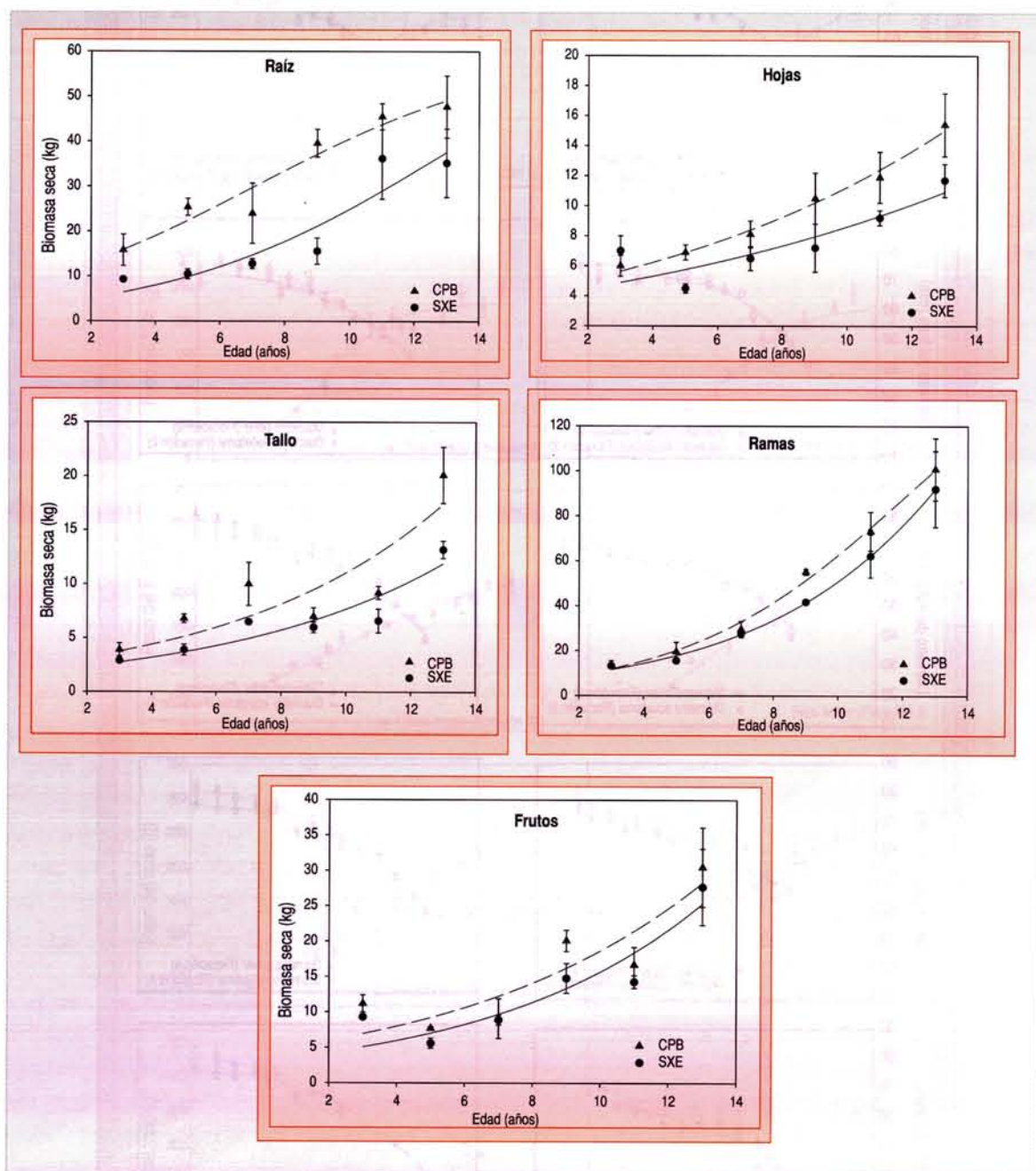




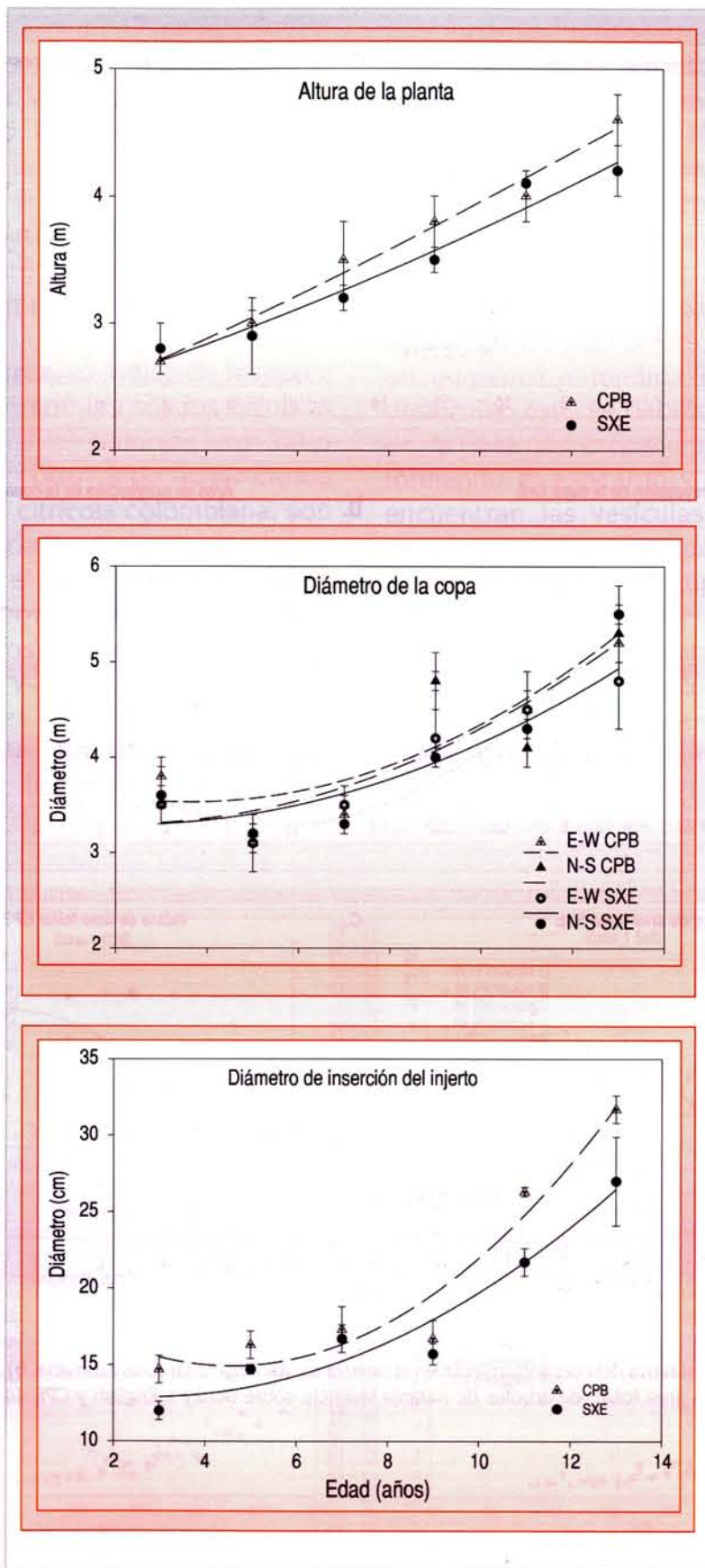
**Figura 43.** Dinámica de comportamiento del peso fresco del fruto de naranja Valencia sobre Sunky x English y CPB 4475, en las cinco primeras floraciones registradas en la zona del suroeste antioqueño. (ddf: días después de floración).



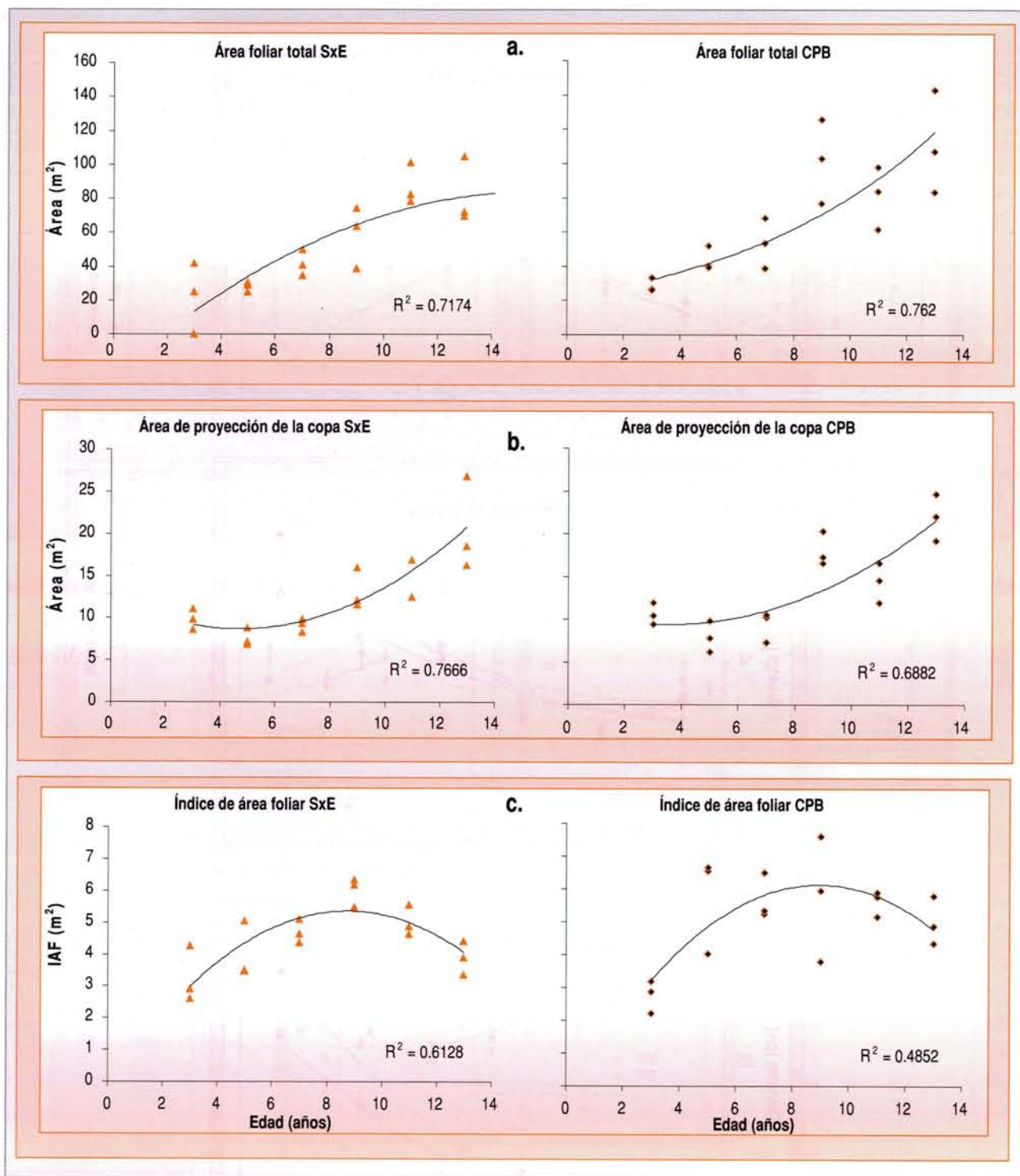
**Figura 44.** Dinámica de comportamiento de los diámetros del fruto de naranja Valencia sobre Sunky x English y CPB 4475, en las cinco primeras floraciones registradas en la zona del suroeste antioqueño. (ddf: días después de floración).



**Figura 45.** Comportamiento comparativo en el tiempo, de la acumulación de peso seco de los diferentes órganos de naranja Valencia sobre los portainjertos Sunki x English y CPB 4475, en la zona del suroeste antioqueño.



**Figura 46.** Comportamiento comparativo en el tiempo, de las principales variables de crecimiento de naranja Valencia sobre los portainjertos Sunki x English y CPB 4475, en la zona del suroeste antioqueño.



**Figura 47.** Dinámica comparativa del comportamiento en el tiempo de: **a).** Área foliar total estimada, **b).** Área de proyección elíptica de la copa y **c).** Índice de área foliar; de árboles de naranja Valencia sobre Sunki x English y CPB 4475, en la zona del suroeste antioqueño.

del cultivo. En la Figura 47 se presentan los valores de índice de área foliar para el cultivo de naranja Valencia sobre Sunky x English y CPB 4475, en la zona del suroeste antioqueño.

Algunas características de la calidad de la fruta procedente de cada localidad se presentan a continuación:

- **Índice de madurez.** El índice de madurez o ratio es la relación de los sólidos solubles totales/acidez titulable. Naranjas con ratio (I.M) superior a 7,5°brix/ % de ácido cítrico en la agroindustria citrícola colombiana, son frutas de buena calidad para el procesamiento. En la zona centro el patrón Sunky x English (SxE) presentó contenidos entre 8,6 a 14,6 de ratio a los 300 días después de la floración (ddf) y el patrón CPB al final de las evaluaciones presentó valores entre 6,8 a 13,2 de IM. En la zona del suroeste Antioqueño, la fruta cosechada tuvo un mayor índice de madurez en los dos

patrones analizados; en el patrón Sunky x English se encontraron valores finales entre 11,7 a 14,8 de ratio y en el patrón de CPB, éstos estuvieron desde 10,7 a 17,1 de ratio, lo que nos muestra una fruta de mejores características organolépticas (sabor) para el consumo (Figura 48).

- **Rendimiento.** El rendimiento que es el contenido de jugo de las naranjas, presenta un aumento a medida que la naranja se desarrolla, esto se debe a que se encuentra en la fase de crecimiento donde se está formando el exocarpo y dentro de éste se encuentran las vesículas del zumo que al llegar a su máximo volumen y longitud dan el contenido final del jugo en la naranja.

En la zona cafetera centro el contenido de jugo se encuentra alrededor del 51% en el patrón SxE y para el patrón CPB éste es del 53,9%, para las cinco floraciones evaluadas. En la zona del suroeste antioqueño el contenido de jugo es mayor, con valores del

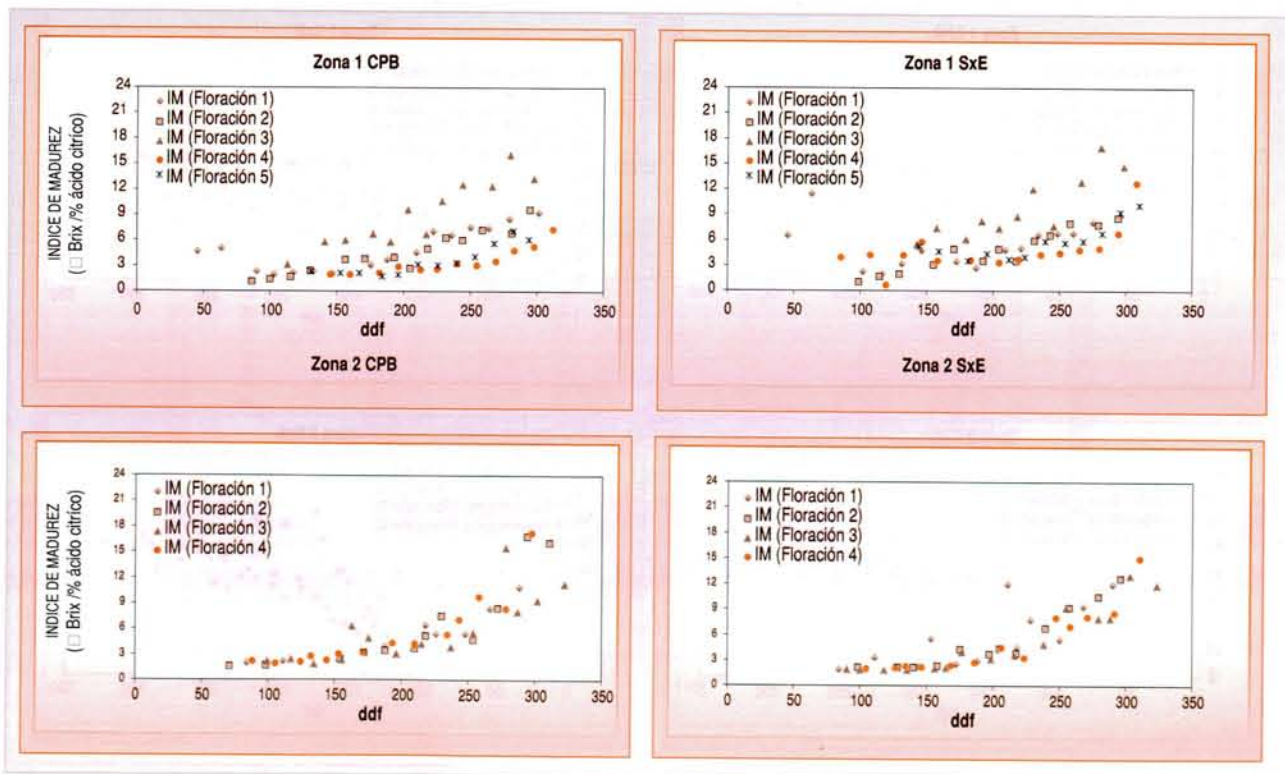


Figura 48. Índice de madurez en naranja Valencia sobre patrones CPB y SxE, para las zonas centro y sur oeste Antioqueño.

53% para el portainjerto CPB y del 55,3% para el SxE (Figura 49). La norma de calidad para naranja valencia NTC 4086, muestra que naranjas con valores superiores al 40% de jugo son frutas de buena calidad.

Carotenos en corteza. Los cambios de color que experimenta la corteza de la naranja se deben a la degradación de la clorofila y al aumento de los pigmentos amarillos de la piel a medida que el fruto madura, la coloración externa de los frutos cítricos es estimulada por las bajas temperaturas durante el período de maduración, ésta es la causa de que los frutos producidos en zonas tropicales sean de menor coloración, debido a que durante la fase final de su desarrollo no han sido expuestos a bajas temperaturas, por esto es necesario desverdizarlas para obtener una fruta con mayor valor al momento de su comercialización.

Los contenidos de carotenos en la corteza de la naranja son muy estables a medida que el fruto se desarrolla y no se observan diferencias entre patrones en las dos zonas evaluadas (Figura 50).

### III. Investigación adaptativa

#### Introducción, caracterización, mantenimiento y evaluación de variedades de cítricos. ETI 0201.

Del grupo de materiales evaluados, se destacan la mandarinas Clementinas por su adaptación y productividad (Figura 51). Esta variedad es la de mayor importancia en el mercado mundial de fruta fresca; el país, con base en estos materiales, podría participar en este mercado con proyectos en la zona

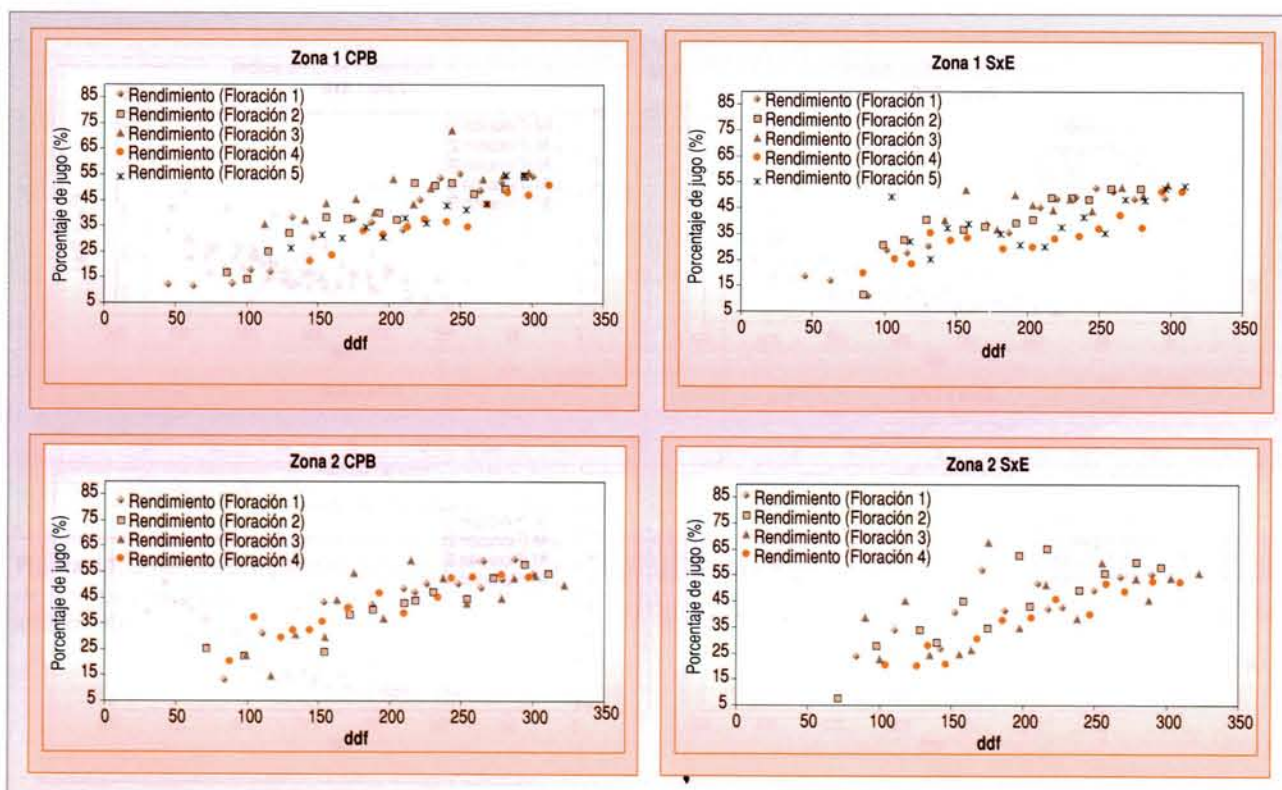


Figura 49. Contenido de jugo en naranja Valencia sobre patrones CPB y SxE, para las zonas centro y occidente.

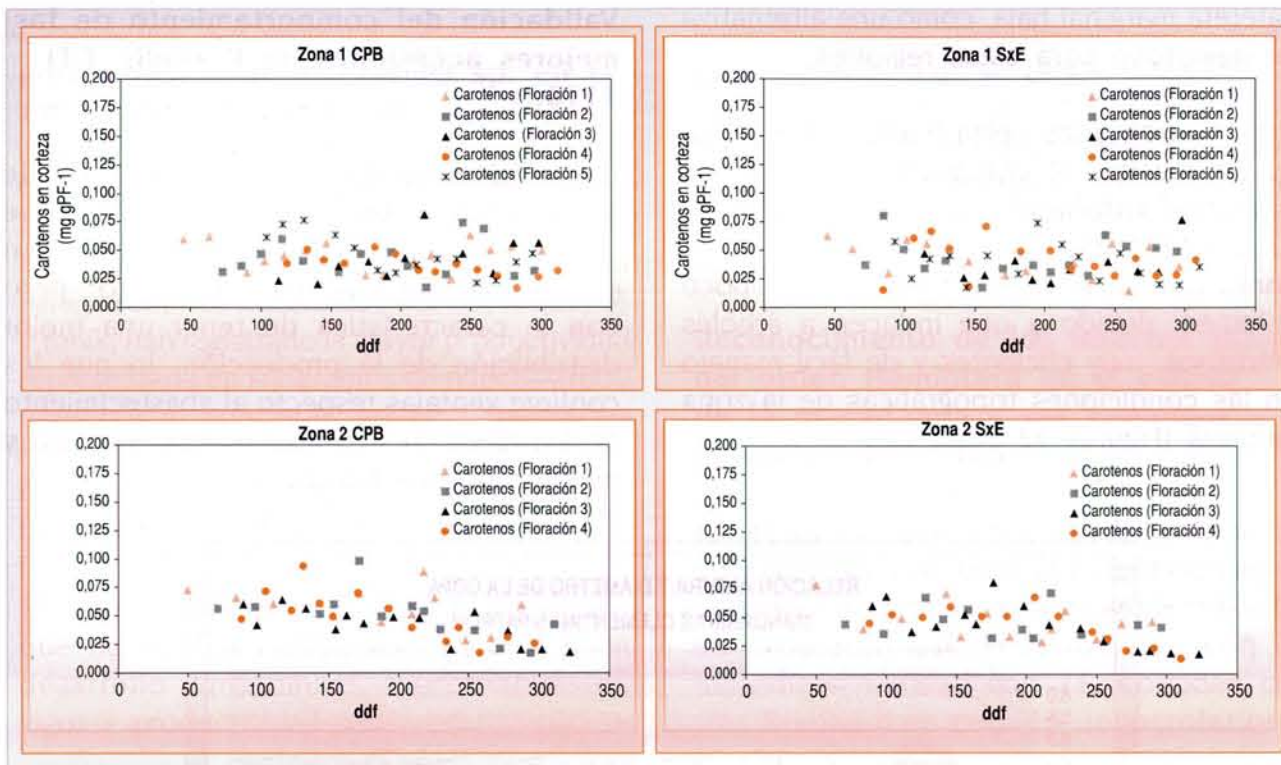


Figura 50. Contenido de carotenos en la corteza de la naranja Valencia sobre patrones CPB y SxE, para las zonas centro y sur oeste antioqueño.

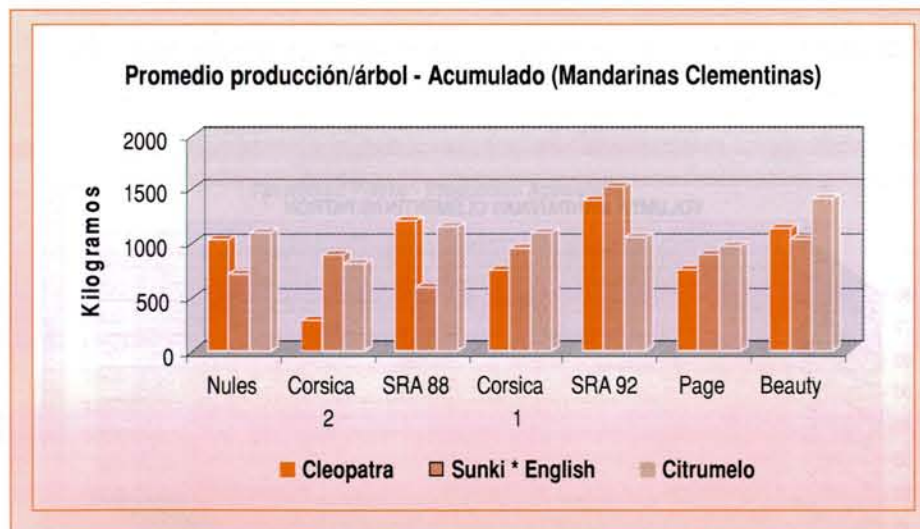


Figura 51. Promedio de producción por planta y producción acumulada anual de Mandarinas Clementinas.



cafetera marginal baja, como una alternativa de desarrollo para estas regiones.

Con relación a los porta injertos evaluados, es de resaltar el comportamiento de los patrones trifoliados (Sunki x English y Citrumelo 4475), tanto por su producción como por su porte de baja altura y poco volumen, debido a que inducen a árboles medianos, muy eficientes y de fácil manejo en las condiciones topográficas de la zona cafetera (Figuras 52 y 53).

### Validación del comportamiento de las mejores accesiones de *P. edulis*. ETI 1110.

La validación del comportamiento de accesiones sobresalientes, indica que los materiales mejorados tienen un comportamiento similar al testigo, pero con la característica de tener una mejor distribución de la producción, lo que les confiere ventajas respecto al abastecimiento de los diferentes mercados, flujo de caja y mejores precios (Figura 54).

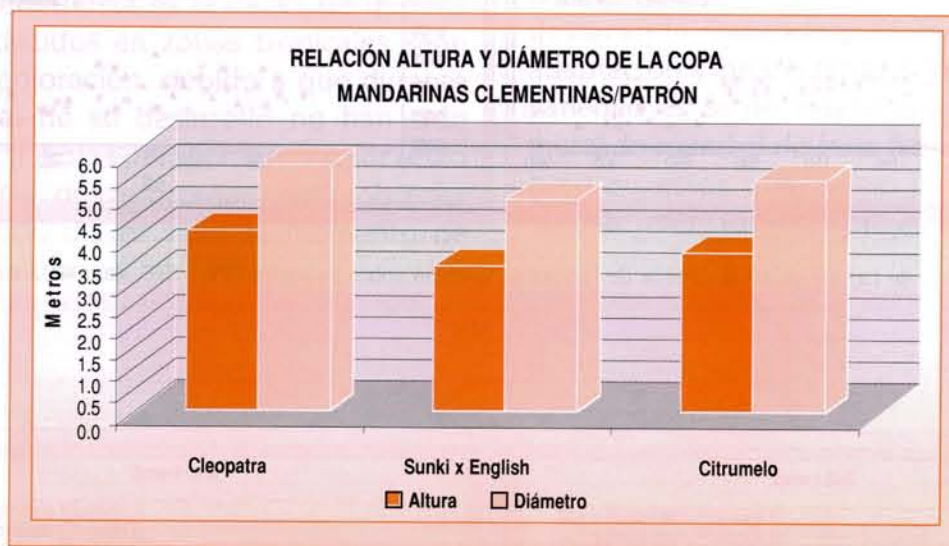


Figura 52. Desarrollo de las Clementinas sobre los 3 portainjertos de patrones trifoliados.

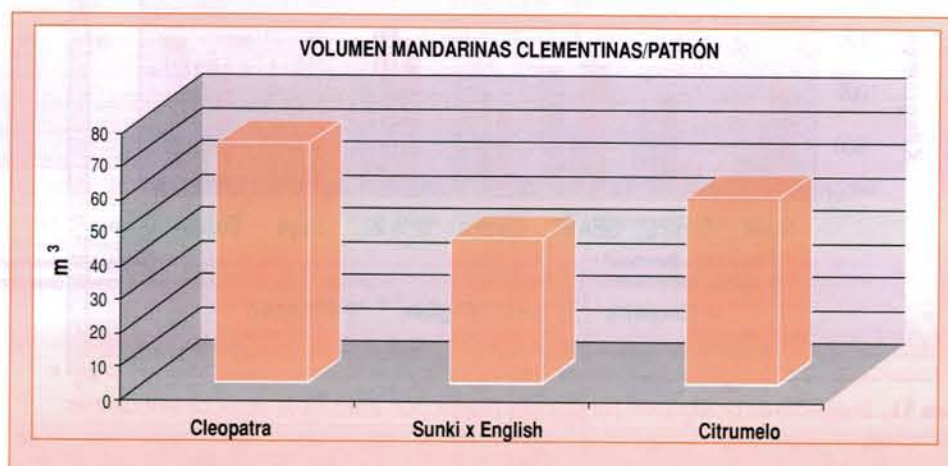


Figura 53. Volumen de los árboles de mandarina Clementina en los diferentes portainjertos de patrones trifoliados.

## Evaluación agronómica de germoplasma de *Macadamia* sp. en la zona cafetera. ETI 0103.

Con respecto a la evaluación de los 15 materiales, los resultados indican que hay diferencias de comportamiento; en Paraguaicito, los materiales P-5, P-35, HAES 788 y Yonik, han registrado la mayor productividad representada en kilogramos de nueces/árbol/año; por el contrario, en La Catalina los materiales HAES 246, HAES 788 y HAES 1016, han registrado las mayores producciones y la menor variabilidad entre ellos.

El comportamiento fitosanitario indica que no existen limitaciones para el buen desarrollo agronómico, representado en vigor y productividad por árbol.

Se puede concluir con este experimento, que para la macadamia existen genotipos con mejor respuesta en ambientes específicos, lo que sugiere que el uso de esos materiales seleccionados en esos ambientes le otorgaría ventajas a los productores en las variables de

respuesta por las cuales fueron seleccionadas especialmente, por su productividad.

También se observa que HAES 788 es un genotipo de adaptación general, el cual debe estar presente en cualquier diseño de siembra.

## Reconocimiento de los insectos plaga del orden Hemiptera en el cultivo de la macadamia y sus enemigos naturales. ETI 0108.

En relación con esta investigación se encontraron 110 especies de hemípteros asociados al cultivo. Las familias identificadas se dividieron así: Pentatomidae con 25 individuos, Miridae con 21, Coreidae con 17, Reduviidae con 16 (controladores biológicos), Lygaeidae con 8, Alydidae y Tingidae con 4 cada una, Phyrocoridae con 3, Rhopalidae, Corimellinidae y Cynidae cada una con 2 especies, Scutelleridae, Largidae, Enicocephalidae, Phymatidae, Thyreocoridae y Gelastocoridae con una, respectivamente.

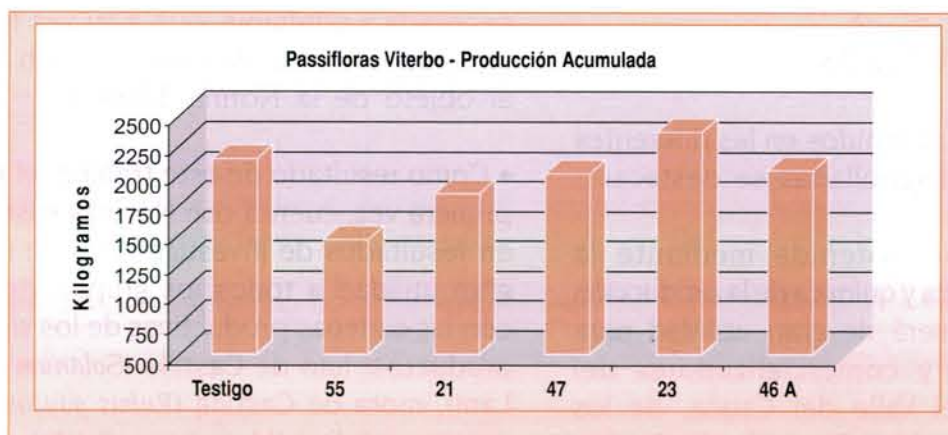


Figura 54. Producción acumulada de pasifloras en Viterbo.

De las especies encontradas e identificadas se destacan por presentar mayor abundancia y constancia en el árbol *Antiteuchus tripterus*, *Antiteuchus tripterus limbativentris* y *Loxa sp.* cerca a *virescens*; estos hemípteros pueden afectar directamente la producción de macadamia. Los hemípteros más importantes por abundancia y constancia en las arvenses fueron: *Euchistus crenator*, *Mormidea sp.*, *Neocoripus bicrucis*, *Zicca taeniola*, *Chiaristerus gracilicornis*, *Hypselonotus fulvus*, *Althos obscurator*, *Sphictyrtus longirostris*, *Proba vittiscutis* y *Collaria oleosa*, destacando el papel que cumplen otras plantas como alimento y refugio dentro del cultivo.

También se hallaron 11 enemigos naturales, de los cuales se destacan los parasitoides de huevos *Trissolcus bodkini*, *Phanuropsis semiflaviventris* y *Telenomus polymorphus* (Himenóptera (Scelionidae)).

Como hongos entomopatógenos se encontraron *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces sp.* y *Metarhizium sp.*, parasitando los principales hemípteros plaga. Con base en estos resultados se podrá desarrollar en Colombia un programa de manejo integrado de chinches plaga en el cultivo de la macadamia.

## IV. Tecnología poscosecha de frutas y hortalizas

De los resultados obtenidos en las diferentes investigaciones desarrolladas se destaca:

- La información obtenida mediante la caracterización física y química de la producción de uva Isabella, será de gran utilidad para los productores y comercializadores del departamento del Valle del Cauca, de los municipios de Ginebra, Guacarí y El Cerrito, en donde se tienen cultivos de uva en predios de caficultores como alternativa para generar ingresos complementarios.

- El Equipo Técnico de Normalización del Programa ETIA del Centro Nacional de Investigaciones de Café - Cenicafé, ha adquirido una experiencia importante en la generación de Normas Técnicas Colombianas, respaldadas por un proceso de investigación, como aporte al mejoramiento del subsector hortofrutícola nacional.

- Análisis y evaluación de los sistemas de empaque permitió evaluar cada uno de los empaques identificados con el fin de dar recomendaciones sobre los empaques más adecuados, de acuerdo a las necesidades de la cadena productiva.

- La determinación de las propiedades físico - mecánicas de las diferentes frutas estudiadas, generó información que precisa el comportamiento de los materiales (fruta) bajo la aplicación de cargas externas. Estos datos serán básicos para el diseño de empaques acordes con las características de cada producto.

- Para la estructuración del proyecto de normas de empaque se realizó un análisis detallado de las normas vigentes. Con base en esta información se efectuaron ajustes al contenido de la Norma, con el fin de actualizar y suministrar al usuario la información necesaria y confiable, que a su vez facilite el proceso de toma de decisión, con relación al objeto de la Norma Técnica.

- Como resultado de este trabajo, el país por primera vez, cuenta con Normas sustentadas en resultados de investigación que serán de gran utilidad a todos los grupos vinculados con las cadenas productivas de los siguientes productos: lulo de Castilla (*Solanum quitoense* Lam), mora de Castilla (*Rubus gaucis* Benth), mangos criollos (*Mangifera indica* L.), pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw) y uchuva (*Physalis peruviana* L.)

- Es importante que Colombia cuente con resultados prácticos basados en el trabajo de investigación desarrollado para ser utilizados en la cadena productiva. Con esta información el Equipo Técnico de Normalización ha ejecutado un plan de transferencia, en busca de mejorar el manejo poscosecha y contribuir a la generación de la Cultura de Calidad.

#### Otras actividades:

Se participó en la elaboración y desarrollo de la Norma Técnica Colombiana de buenas prácticas agrícolas para frutas, hierbas aromáticas culinarias y hortalizas frescas. Requisitos generales. Dicho proyecto de norma fue ratificado por el ICONTEC en el mes de julio de 2005 con el número clasificador NTC 5400.



# Sostenibilidad ambiental

## I. Proyecto Iniciativa Darwin

Proyecto de la Iniciativa Darwin. Eco 0618. Sondeo sobre la sostenibilidad en la producción de café en Colombia. En el marco de las actividades del último año del proyecto ECO 0618 (Iniciativa Darwin), se llevó a cabo un sondeo utilizando como instrumento una encuesta semiestructurada, aplicada por los Técnicos del Servicio de Extensión a 203 caficultores de los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Antioquia, Cauca, Santander, Huila y Valle del Cauca, con el propósito de conocer las prácticas sostenibles realizadas por los caficultores, y hasta dónde estarían dispuestos a regirse por las normas de algunas certificadoras de cafés especiales para obtener una prima en el valor de su café y cuál sería el sobreprecio esperado a cambio.

La encuesta recopiló información de los caficultores en temas socioeconómicos, sobre uso del suelo en las fincas, sobre los sistemas de producción, el uso de

prácticas sostenibles en la producción de café, la percepción de beneficios económicos de la biodiversidad y la disposición de los caficultores por desarrollar prácticas requeridas por algunas certificadoras a cambio de un sobreprecio por el café producido. Se encontró que el 80% de los caficultores llevan a cabo prácticas de conservación de suelos, manejo integrado de arvenses, manejo integrado de la broca y disposición adecuada de subproductos. Alrededor del 70% de los productores entrevistados afirmó percibir beneficios económicos de la biodiversidad.

En gran medida (89%) los caficultores se mostraron dispuestos a realizar la totalidad de las normas planteadas; sin embargo, prácticas como certificarse productor orgánico (65%) y cultivar árboles de sombra (76%) fueron las menos atractivas para los caficultores por comprometer la productividad de las fincas. Otros requerimientos planteados como proveer cuidado médico a los empleados y sus familias (82%), y llevar registros del impacto ambiental de la energía consumida en el proceso de beneficio del café (86%) tuvieron algunas objeciones por los productores debido al grado de complejidad que sugiere su implementación. El sobreprecio esperado a cambio de la adopción y seguimiento de las normas propuestas es en promedio del 64%.

## II. Manejo Integrado de Arvenses

### Umbrales Económicos para el Manejo Integrado de Arvenses en el cultivo del café. Sue 1017.

El experimento busca determinar los umbrales económicos de arvenses en el cultivo de café, con el fin de contribuir a la conservación de los suelos y la disminución de los costos del manejo de las mismas. El experimento

se realizó en la Estación Central Naranjal, obteniendo los valores acumulados de la producción de café del año 2002 hasta el 2005, con ellos se cuantificó la disminución del rendimiento del cultivo de café causado por la interferencia de cuatro poblaciones de arvenses (*Paspalum paniculatum*, *Commelina* spp., *Bidens pilosa* y *Emilia sonchifolia*), cada una en cuatro niveles de cobertura (25, 50, 75 y 100%). Se evaluaron dos períodos de interferencia después del transplante (ddt) del cultivo (0 a 4 años) y (2 a 4 años). Se contó con un tratamiento testigo libre de arvenses durante todo el tiempo, y un tratamiento testigo relativo consistente en el Manejo Integrado de Arvenses (MIA). Teniendo en cuenta los parámetros de regresión lineal y los supuestos del costo del manejo tradicional de arvenses para un período de 4,5 años por valor de \$3.000.000, y el precio de venta de una arroba de café por valor de \$35.000, se calculó el umbral económico (U.E.) para cada arvense en ambos períodos de interferencia.

**- Manejo integrado de arvenses y suelo libre de coberturas.** La producción acumulada de café durante cuatro años, obtenida bajo el tratamiento MIA no presentó diferencias estadísticas con relación a la producción obtenida bajo el sistema de manejo del suelo libre de arvenses (Tabla 53). En este último tratamiento, el cultivo presentó la tendencia hacia el aumento de la producción comparado con el tratamiento MIA, lo cual se hizo más evidente para la producción del año 2004, sin embargo como se mencionó anteriormente, en el acumulado total de la producción no se confirmaron estas diferencias en forma estadística.

**- Interferencia de arvenses.** En la época de interferencia de 0 a 4 años ddt, las arvenses en sus diferentes niveles de cobertura causaron disminución de la producción de café con tendencia lineal y de manera significativa con relación al tratamiento testigo

consistente en suelo libre de arvenses (Tabla 54). En la época de interferencia de 2 a 4 años ddt, se observó la misma tendencia, a excepción de la arvense *E. sonchifolia*, la cual no presentó una tendencia coherente sobre la producción, debido a su poca adaptación a las condiciones de sombra propicias en esta edad del cultivo. En la Figura 55, se muestra la reducción estimada de la producción de café acumulada durante los años 2002 a 2005, y se observa que el grado de interferencia de las arvenses de

mayor a menor, en su orden es *E. sonchifolia*, *P. paniculatum*, *Commelina* spp. y *B. pilosa*; y el umbral económico para las mismas arvenses en la época de interferencia de 0 a 4 años ddt se alcanzó con niveles de cobertura de 15,4, 17,8, 24,6, 39,5%, respectivamente. En la época de interferencia de 2 a 4 años ddt, las últimas tres arvenses alcanzaron el umbral económico en los niveles de cobertura de 30,6, 23,7 y 46,8%, respectivamente (Figura 56). Debido a que la arvense *E. sonchifolia* en esta época de interferencia, no evidenció

**Tabla 53.** Efecto del manejo integrado de arvenses (MIA) y el manejo del suelo libre de arvenses sobre la producción de café en la Estación Central Naranjal.

Tratamientos	Producción de café pergamino seco en arrobas por hectárea				
	2002	2003	2004	2005	Acumulado
MIA	94,30 a*	454,80 a	452,90 a	154,10 a	1.156,1 a
Manejo libre de arvenses	59,60 a	506,80 a	485,70 b	185,70 a	1.237,8 a
CV (%)	46,40	10,13	2,94	19,82	7,20

\* Valores con letras distintas presentan diferencia estadística según prueba Tukey al 5%.

**Tabla 54.** Parámetros de regresión lineal simple, obtenidos a partir de la relación entre producción acumulada de café (@ de c.p.s/ha 2002 a 2005) y nivel de cobertura de cada arvense.

Arvense	Época de interferencia 0 a 4 años ddt				Época de interferencia 2 a 4 años ddt			
	a	b	R <sup>2</sup>	CV	a	b	R <sup>2</sup>	CV
<i>P. paniculatum</i>	1.158**	-4,75**	0,65**	18,98	1.226**	-5,43**	0,75**	12,5
<i>Commelina</i> spp	781,48**	-3,43**	0,61**	20,19	803,4	-1,80**	0,33**	13,5
<i>B. pilosa</i>	670,58**	-2,14*	0,18*	29,47	770**	-1,80*	0,26*	16,7
<i>E. sonchifolia</i>	843,36**	-5,48**	0,67**	24,72	NS	NS	0,05	21,7

\*\* Parámetros altamente significativos estadísticamente, \* parámetros significativos estadísticamente, NS: No significativo.

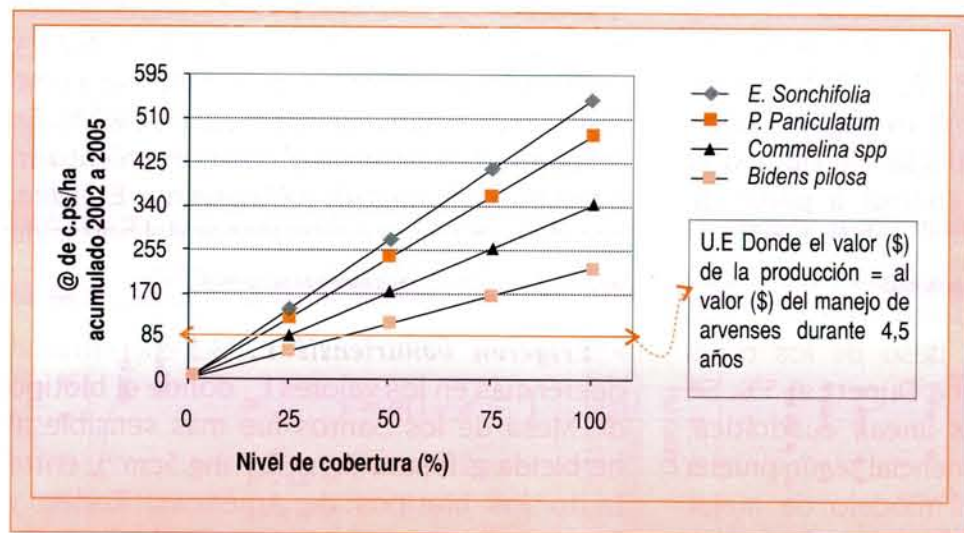
**Tabla 55.** Valores de I50, I70, I80, I90 e índice de resistencia (IR) para los biotipos de *E. indica* evaluados.

Biotipos	Glifosato (mg.5cm-3)				IR
	I50	I70	I80	I90	
Mesa de los Santos (S)	5,2	9,1	12,1	17,8	-
Américas (R)	32,5	54,7	70,9	94,5	6,25
Rodeo (R)	21,3	36,6	48,4	67,6	4,09
Suiza (R)	7,4	13,3	18,6	31	1,42

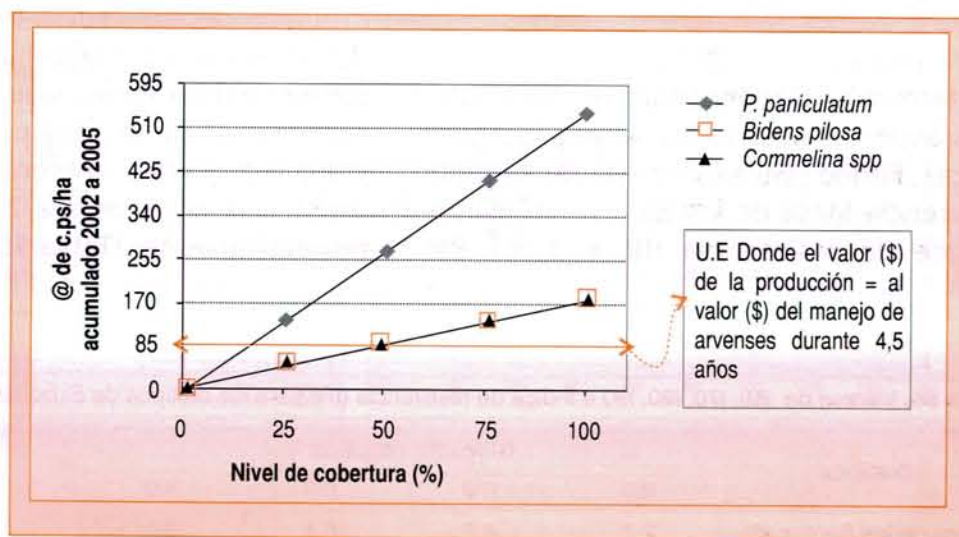
tendencia definida sobre la producción, no fue posible determinar el umbral económico y por tanto, se deduce que esta especie no causa problemas de interferencia en esta etapa del cultivo. Se observó que en el segundo período de interferencia, las arvenses *Commelina* spp. y *B. pilosa* disminuyeron su grado de interferencia con relación al primer período, lo que no ocurrió con *P. paniculatum* (Figuras 55 y 56).

### Evaluación de la resistencia de tres arvenses de la zona cafetera colombiana al glifosato y alternativas para su manejo. SUE 1018.

Se evaluó la resistencia de las arvenses *Erigeron bonariensis* L., *Eleusine indica* L. y *Emilia sonchifolia* (L) DC. al herbicida glifosato a partir de la metodología de bioensayos en cajas Petri. Para cada arvense se realizó la



**Figura 55.** Reducción estimada de la producción (@ c.p.s./ha) acumulada de 2002 a 2005, debido a la interferencia de diferentes arvenses en distintos niveles de cobertura, (Interferencia 0 a 4 años ddt).



**Figura 56.** Reducción estimada de la producción (@ c.p.s./ha) acumulada de 2002 a 2005, debido a la interferencia de diferentes arvenses en distintos niveles de cobertura, (Interferencia desde 2 a 4 años ddt).



recolección de las semillas en cuatro fincas, tres de ellas caracterizadas por el elevado uso de herbicidas (R) (Américas, Rodeo y Suiza), ubicadas en los municipios de Palestina y Chinchiná (Caldas) y otro sitio distinguido por la producción de café orgánico donde no se aplican herbicidas (S) (Mesa de los Santos), ubicado en el municipio de Los Santos (Santander).

Para cada una de las tres arvenses y cada sitio de recolección se evaluaron seis concentraciones crecientes del herbicida glifosato (12, 24, 36, 48, 72 y 144 mg.5cm<sup>-3</sup>) y una concentración 0 (testigo), donde sólo se aplicó agua destilada. Se obtuvo la variable porcentaje de control a partir de promedio del peso fresco del tratamiento testigo, corroborando que existieran diferencias significativas entre el promedio del peso del testigo con respecto al peso de los otros tratamientos según prueba Dunnett al 5%. Se evaluaron las tendencias lineal, cuadrática, cúbica, logarítmica y exponencial según prueba de f al 5%. A partir del modelo de mejor ajuste que para el caso fue el exponencial, se determinaron los valores I<sub>50</sub>, I<sub>70</sub>, I<sub>80</sub>, I<sub>90</sub>, los cuales se definen como las concentraciones que causan niveles de control del 50, 70, 80 y 90%, respectivamente.

Se determinó la resistencia al glifosato, comparando los valores I<sub>50</sub> de los biotipos Américas, Rodeo y Suiza, con el I<sub>50</sub> del biotipo de referencia Mesa de los Santos, mediante el índice de resistencia (IR = I<sub>50</sub>R/I<sub>50</sub>S);

cuando los valores IR fueron mayores a 2, el biotipo fue considerado como resistente. Los resultados fueron los siguientes:

- ***Eleusine indica* L Gaerth.** Se encontró que los biotipos de las fincas Américas (R), Rodeo (R) y Suiza (R), manifestaron signos de resistencia al herbicida glifosato (I<sub>50</sub> = 32,5, 21,3 y 7,4 mg.5cm<sup>-3</sup>, respectivamente) con respecto al biotipo de la finca de referencia Mesa de los Santos (S) (I<sub>50</sub> = 5,2 mg.5cm<sup>-3</sup>) (Tabla 55). Los biotipos de las Américas y Rodeo presentaron un IR > 2 (IR = 6,25 y 4,09, respectivamente), mostrándose como resistentes al herbicida glifosato (Tabla 55). En la Figura 57, se observa el comportamiento en porcentaje de control de la arvense *E. indica*, con diferentes concentraciones del herbicida glifosato para los cuatro biotipos.

- ***Erigeron bonariensis* L.** Se encontraron diferencias en los valores I<sub>50</sub>, donde el biotipo de Mesa de los Santos fue más sensible al herbicida glifosato (I<sub>50</sub> = 2,7 mg.5cm<sup>-3</sup>), entre tanto los biotipos de Américas, Rodeo y Suiza mostraron valores I<sub>50</sub> más elevados (I<sub>50</sub> = 4,2; 4,4 y 5,8 mg.5cm<sup>-3</sup>, respectivamente) (Tabla 56).

El índice de resistencia (IR) para el biotipo de la Suiza fue mayor a 2 (IR = 2,14), presentándolo como resistente al glifosato; para el caso de los biotipos de las Américas y Rodeo no se presentaron índices de resistencia superiores a 2 (IR = 1,55 y 1,63 respectivamente) (Tabla 56); sin embargo, se

Tabla 56. Valores de I<sub>50</sub>, I<sub>70</sub>, I<sub>80</sub>, I<sub>90</sub> e índice de resistencia (IR) para los biotipos de *E. bonariensis*.

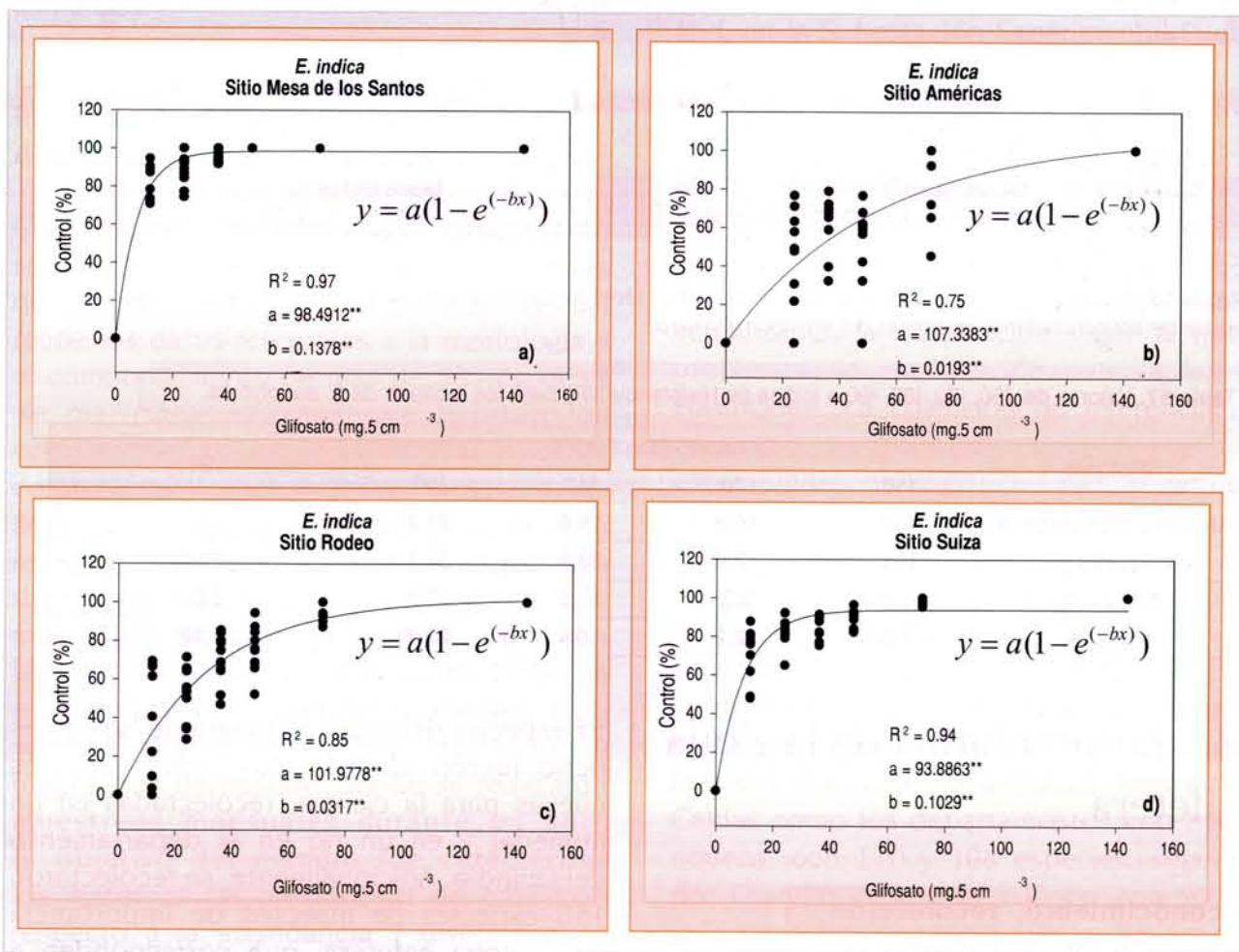
Biotipos	Glifosato (mg.5cm <sup>-3</sup> )				IR
	I <sub>50</sub>	I <sub>70</sub>	I <sub>80</sub>	I <sub>90</sub>	
Mesa de los Santos (S)	2,7	4,8	6,4	9,2	-
Américas (R)	4,2	7,4	10	14,8	1,55
Rodeo (R)	4,4	7,8	10,5	15,8	1,63
Suiza (R)	5,8	10,1	13,5	19,6	2,14

observa que el uso reiterado del herbicida glifosato podría generar que en estos sitios se presenten problemas de resistencia para esta arvense en el futuro. En la Figura 58, se observa el comportamiento del control de la arvense *E. bonariensis*, a diferentes concentraciones del herbicida glifosato para los cuatro biotipos.

- ***Emilia sonchifolia* (L) DC.** Para esta arvense el biotipo de las Américas mostró mayores signos de resistencia al herbicida

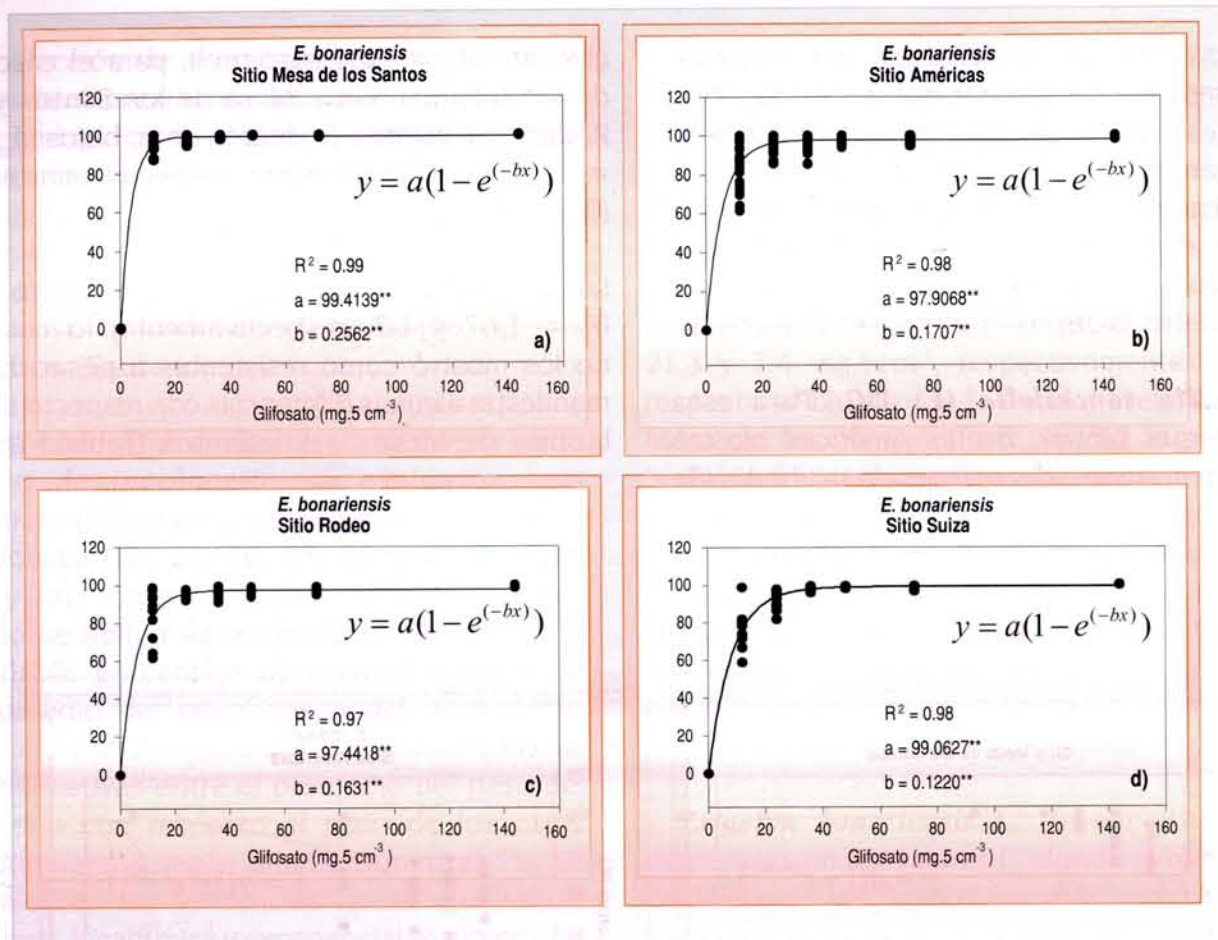
glifosato ( $I_{50} = 10,4 \text{ mg.5cm}^{-3}$ ), para el caso de los biotipos Suiza, Mesa de los Santos y Rodeo los valores  $I_{50}$  fueron más bajos ( $I_{50} = 7,0; 6,2 \text{ y } 5,0 \text{ mg.5cm}^{-3}$ , respectivamente) (Tabla 57).

Los biotipos de Américas y Suiza presentaron  $IR = 1,67 \text{ y } 1,2$ , respectivamente; lo cual no los mostró como resistentes a pesar de manifestar algunas diferencias con respecto al biotipo de Mesa de los Santos (Tabla 57).



\*\* parámetros altamente significativos según pruebas f y t.

**Figura 57.** Curvas de respuesta de la arvense *E. indica* en Mesa de Los Santos (S), Américas (R), Rodeo (R) y Suiza (R), a diferentes concentraciones crecientes del herbicida glifosato.



**Figura 58.** Curvas de respuesta de la arvensis *E. bonariensis* en Mesa de Los Santos (S), Américas (R), Rodeo (R) y Suiza (R), a distintas concentraciones crecientes del herbicida glifosato.

**Tabla 57.** Valores de I50, I70, I80, I90 e índice de resistencia (IR) para los biotipos de *E. sonchifolia*.

Biotipos	Glifosato (mg.5cm <sup>-3</sup> )				IR
	I50	I70	I80	I90	
Mesa de los Santos (S)	6,2	10,9	14,6	21,2	-
Américas (R)	10,4	17,9	23,9	33,5	1,67
Rodeo (R)	5,0	8,8	11,9	17,3	0,80
Suiza (R)	7,0	12,2	16,4	23,7	1,12

### III. Entomofauna de la Zona Cafetera

#### Reconocimiento, recolección, identificación y biología de artrópodos plagas y benéficos de la zona cafetera.

Durante este año se ingresaron al Museo Entomológico "Marcial Benavides" de Cenicafé,

55 especies del orden Odonata de las cuales ocho fueron identificadas como especies nuevas para la ciencia, recolectadas en un humedal y en un río en el departamento del Quindío. Adicionalmente, se recolectaron 150 especies de insectos de importancia en la zona cafetera, que corresponden a plagas, a insectos benéficos (parasitoides, predadores), a bioindicadores del estado de conservación de los ecosistemas cafeteros y otros organismos de importancia en estudios de biodiversidad.

Los insectos identificados como plagas, correspondieron a muestras traídas por caficultores e investigadores del Centro, como producto de consultas. Las especies más importantes, de acuerdo con la magnitud del ataque, fueron: *Xyleborus affinis* (Coleoptera: Scolytidae) en plantaciones de aliso, el complejo de especies del género *Dysmicoccus* (Homoptera: Pseudococcidae) en resiembras de café, la arañita roja *Oligonychus yothersi* (Acari: Tetranychidae) en cafetales, *Torvochromnus* sp. (Hemiptera: Lygaeidae) en plantaciones de cedro, *Cryptotermes brevis* (Isoptera: Kalotermitidae) en granos de café a granel y *Lasioderma serricorne* (Coleoptera: Anobiidae) en plantas procesadoras de alimentos.

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

Con los datos obtenidos en este experimento se realizó la guía de campo "Mariposas diurnas de la zona central cafetera" la cual reúne los datos referentes a la morfología y el comportamiento de más de 300 especies de mariposas diurnas que habitan los ecosistemas de la zona central cafetera colombiana y abarca aproximadamente el 80% de la riqueza de mariposas de esta región, teniendo en cuenta que Colombia tiene aproximadamente 4.100 especies de mariposas diurnas. Estos resultados son la recopilación de la información obtenida en tres paisajes cafeteros: cafetales bajo sombrío, cafetales a libre exposición y fragmentos de bosque, donde se realizaron muestreos mensuales durante un año. El objetivo del estudio fue caracterizar los sistemas de producción de café con respecto a la abundancia y diversidad de mariposas diurnas. Los resultados indican que los cafetales bajo sombrío como a libre exposición albergan mayor diversidad y riqueza que los relictos de bosque, esto gracias a las buenas prácticas agronómicas

que se desarrollan para producir café y al fomento de las arvenses que son el principal recurso alimenticio de las mariposas.

### **Reconocimiento de hormigas de la zona cafetera colombiana.**

Se estudió la composición de la mirmecofauna en zonas cafeteras de cinco departamentos del país (Antioquía, Caldas, Quindío, Risaralda y Cesar), a partir del material recolectado en subestaciones experimentales de Cenicafé y algunas fincas aledañas. En cada zona, se recolectaron muestras en cuatro cultivos comerciales y un fragmento de bosque. Los muestreos realizados durante el presente año, en la Subestación Experimental Pueblo Bello, permitieron ampliar la cobertura del estudio y contar con información de una zona disímil y distante de las áreas muestreadas en los departamentos de la zona central cafetera. De todo el material recolectado se revisó la taxonomía corroborándose los resultados de la identificación previa y actualizando la información según la nueva propuesta de clasificación para la familia Formicidae. La colección de referencia del proyecto, actualmente cuenta con 398 especímenes en seco, todos con replicas en alcohol. En total, se recolectaron 13 subfamilias, 59 géneros y 237 especies, que representan cerca del 20% de la fauna de hormigas estimada para Colombia (1.200 especies). En el listado general de especies, sobresalen tres nuevos registros para el país: *Leptanilloides biconstricta*, *Pheidole scalaris* y *Pyramica minuscula*. Se destacan Antioquia y Caldas como los departamentos con mayor riqueza, con 110 y 108 especies, seguidos por Quindío, Risaralda y Cesar con 92, 78 y 75 especies, respectivamente. En general, los elementos del paisaje cafetero con mayor riqueza fueron los fragmentos de bosque y los cafetales con sombrío, seguidos por los cultivos de plátano y cítricos, y el cafetal a libre exposición solar.

Caracterización molecular de las hormigas del género *Acropyga* de la zona cafetera colombiana. Las hormigas del género *Acropyga* se encuentran ampliamente distribuidas en la zona cafetera colombiana y son consideradas de importancia económica debido a sus asociaciones simbióticas con diferentes especies de homópteros (Pseucococcidae) que en muchos casos afectan cultivos comerciales de café y plátano. A pesar de su importancia económica y ecológica, no existían estudios moleculares que describieran la relación taxonómica entre los grupos, y además, que la clasificación que se tenía estaba basada en relaciones morfológicas las cuales eran confusas, como es el caso del número de dientes en la mandíbula, el cual puede ser muy variable. En este experimento se estudiaron cuatro especies del género *Acropyga*: *A. fuhrmanni*, *A. berwicki*, *A. exsanguis* y *A. goeldii*. Se hizo una identificación morfológica con las claves disponibles y la caracterización molecular se basó en marcadores RAPD y AFLP. Para la caracterización por RAPDs, seis primers fueron utilizados generando 106 fragmentos polimórficos, y para los marcadores AFLPs, se evaluaron cinco combinaciones de primers, generando 452 bandas polimórficas.

Las claves taxonómicas indicaron la existencia de una sinonimia de *A. fuhrmanni* y *A. berwicki*. Sin embargo el análisis molecular, permitió una identificación clara de las cuatro especies: *A. fuhrmanni*, *A. berwicki*, *A. exsanguis* y *A. goeldii*; en donde *A. fuhrmanni* y *A. berwicki* fueron clasificadas en dos grupos diferentes y tanto los datos morfológicos como los moleculares indicaron la existencia de una alta variabilidad genética entre estas dos especies. Coeficientes de similitud del 0,10 al 0,21 reflejaron la alta separación entre especies, en comparación con coeficientes del 0,37 al 0,84 obtenidos entre muestras de la misma especie. Por tanto, la clave debe ser modificada y debe reevaluarse la sinonimia propuesta.

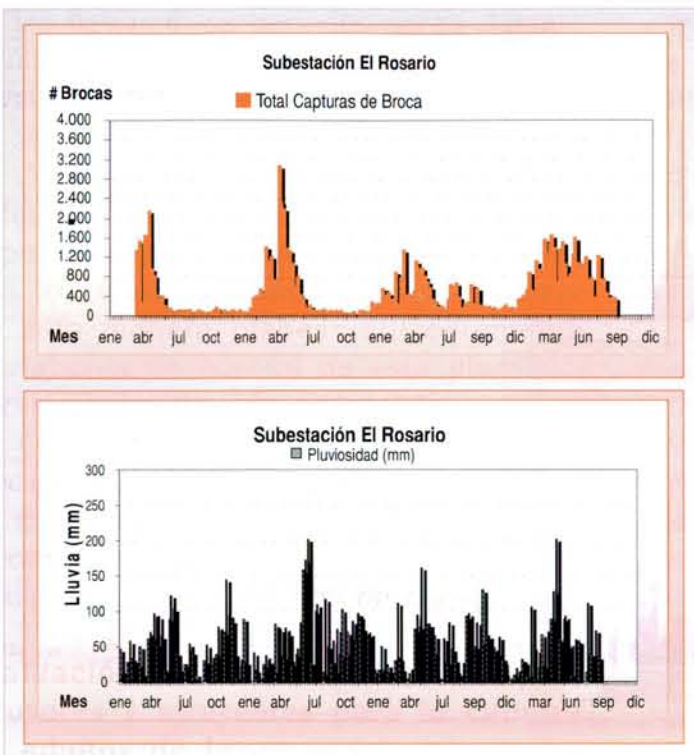
## IV. Manejo Integrado de la Broca

### Monitoreo de poblaciones de broca en cafetales

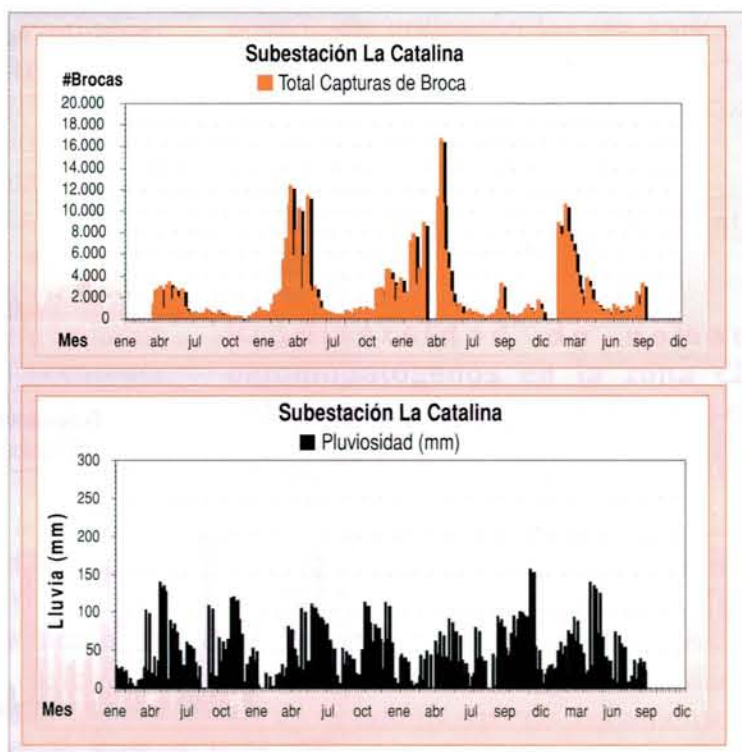
**Vuelo de adultos de broca en cafetales, monitoreado con trampas cebadas con alcoholes.** Los datos del número de brocas adultas capturadas en las trampas cebadas con atrayentes en los diferentes sitios evaluados y en distintos períodos, y relacionados con la precipitación, se presentan en las Figuras 59 a la 62.

La captura de la broca del café en las trampas es muy variable a través del año y refleja los momentos en los cuales los adultos dejan los frutos en los cuales el insecto se ha reproducido, para iniciar la colonización de nuevos frutos en el árbol, y está influenciada por el comportamiento del insecto, su capacidad de desplazamiento, las prácticas de manejo para el control del insecto, las condiciones agronómicas relacionadas con la cosecha del café y el clima de la región.

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 en las Figuras 59 a la 62, que el número de brocas capturadas es variable. Durante el último año (2005) en todos los sitios se observa que la distribución de los vuelos de la broca tuvo una ligera variación, registrándose capturas significativas posteriores al mes de mayo. En general, el número de brocas capturadas durante el mes de septiembre fue superior al registrado en años anteriores. Esto puede explicarse debido a las variaciones de la distribución



**Figura 59.** Número de brocas capturadas a través del tiempo (arriba) y precipitación (abajo), registrados en la Subestación El Rosario, entre marzo de 2002 y septiembre de 2005.



**Figura 60.** Número de brocas capturadas a través del tiempo (arriba) y precipitación (abajo), registrados en la Subestación La Catalina, entre marzo de 2002 y septiembre de 2005.

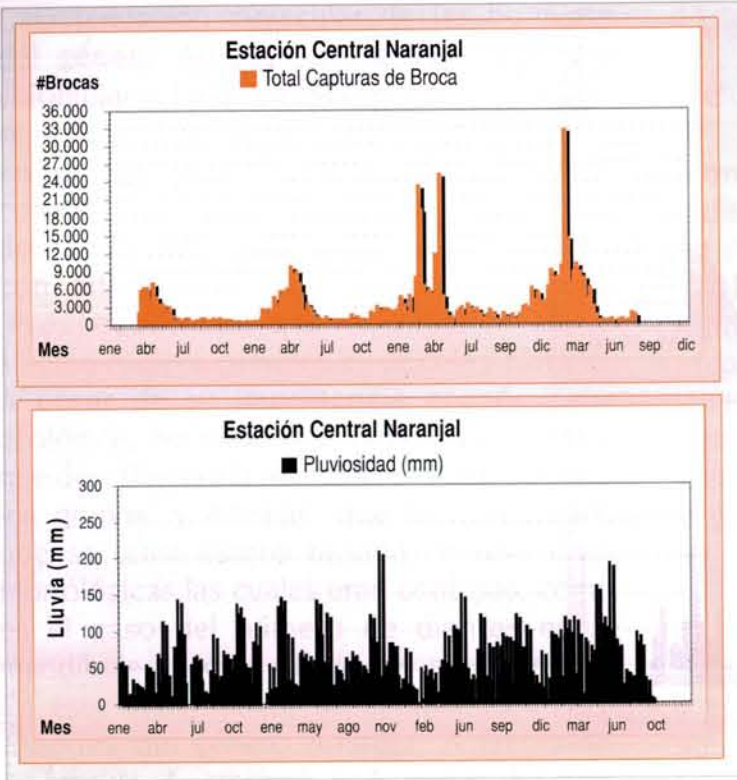


Figura 61. Número de brocas capturadas a través del tiempo (arriba) y precipitación (abajo), registrados en la Estación Central Naranjal, entre marzo de 2002 y septiembre de 2005.

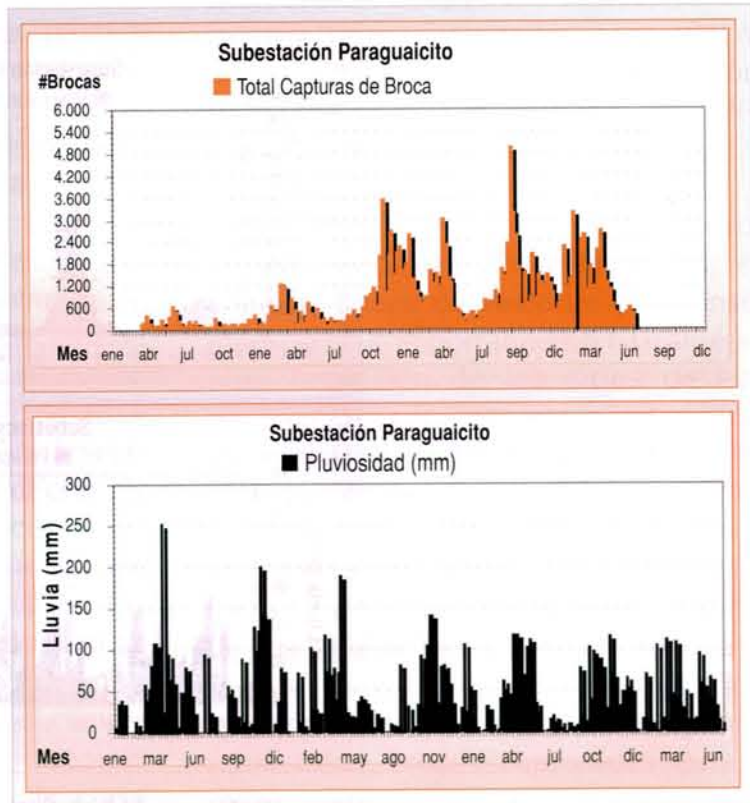


Figura 62. Número de brocas capturadas a través del tiempo (arriba) y precipitación (abajo), registrados en la Subestación Paraguaicito, entre marzo de 2002 y septiembre de 2005.

de las lluvias y los períodos secos durante el último año. Por tanto, es indispensable llevar estos registros anualmente, con el fin de tener en cuenta esta variación.

Estas trampas son una herramienta muy importante para conocer cuándo y cómo son los vuelos de broca en una finca y de esta manera planear eficientemente las labores de control de esta plaga. La información registrada en las Subestaciones de Cenicafé, puede emplearse como un mecanismo de alerta para los caficultores en estas regiones cafeteras. Así mismo, se recomienda continuar con estos registros y divulgar la a los cafeteros de cada zona.

### **Evaluación preliminar sobre trampas, difusores y atrayentes para la captura de adultos de broca en el campo.**

Siguiendo la premisa de que cada adulto de broca que es capturado en el campo significa una reducción importante en el número de frutos infestados, se pretende buscar alternativas económicas para diseñar y recomendar una trampa adecuada para la caficultura de Colombia. Experiencias de campo e informaciones de agricultores en el Municipio de San José en el departamento de Caldas, han sugerido que las trampas evaluadas tienen potencial para el control de la broca, pues se han observado capturas masivas de adultos de broca en trampas artesanales, llegándose a reportar la captura de más de 10 millones de adultos en 758 trampas instaladas.

Las trampas para la captura de adultos de broca vienen recomendándose en Colombia para el monitoreo de poblaciones en el campo, y en países de Centro América e India con fines de control del insecto. En Colombia, se pueden adquirir las trampas Brocatrap® a un costo aproximado de \$10.000, éstas se basan en un diseño inicialmente propuesto en Costa Rica. La finalidad de este estudio ha sido buscar alternativas más económicas

e igualmente eficientes para capturar adultos de broca en el campo. Hasta la fecha se han evaluado en tres estudios preliminares: A). dos tipos de trampas: Brocatrap® y una trampa casera desarrollada y elaborada por caficultores; B). cuatro tipos de atrayentes: Brocalure®, el cual hace parte de Brocatrap®; la mezcla metanol-etanol en proporción 3 a 1; un atrayente desarrollado y elaborado por los caficultores y Brocalure® embebido en material absorbente introducido en el difusor Brocalure®; y C). tres difusores: Brocalure®, plástico calibre 2,5, y plástico calibre 4. Los resultados obtenidos de las capturas diarias de broca no son concluyentes con respecto a la eficiencia de las trampas basados en el tipo de trampa y el color, sin embargo, se observó que la mezcla metanol-etanol 3:1 mejoró la eficiencia en las capturas de la broca, y el plástico calibre 2,5 se comportó mejor que el usado en las trampas tipo Brocalure®. Se propone continuar con estudios para reducir los costos de estos dispositivos, así como desarrollar atrayentes novedosos utilizando los resultados previos de volátiles en frutos de café con la ayuda de antenogramas. Estos estudios continúan de manera preliminar.

### **Entomonematodos para el control de la broca**

**Biodiversidad de nematodos entomopatógenos en la zona cafetera colombiana.** A partir de muestreos de suelo realizados en cinco departamentos cafeteros de Colombia (Risaralda, Quindío, Caldas, Cundinamarca y Antioquia), de diferentes cultivos en las Subestaciones Experimentales de Cenicafé, se realizaron 39 aislamientos de nematodos entomopatógenos, de los géneros *Steinernema* spp. (37 aislamientos) y *Heterorhabditis* sp. (2 aislamientos). Para la caracterización molecular se emplearon técnicas de extracción de DNA, PCR y secuenciación de la totalidad de los aislamientos. El diagnóstico molecular incluyó



el secuenciamiento de la región 5' terminal de la subunidad larga de DNAr, al igual que de la región ribosomal interna 18S y 26S (incluyendo ITS-1, 5,8 S, ITS-2), con tamaños entre 800 – 1.000pb, para un total de 78 secuencias. Estas regiones, permiten discriminar entre especies de *Steinernema* y *Heterorhabditis*. El análisis filogenético y la comparación de las secuencias de las especies nativas aisladas en este trabajo, con secuencias de 30 nematodos de especies descritas para *Steinernema* y seis para *Heterorhabditis* relacionadas tanto con bases de datos de la Dra. Patricia Stock de la Universidad de Arizona (USA), como en el Gene Bank, permitieron identificar cuatro grupos definidos dentro de *Steinernema*. Cada uno de los grupos, representa al menos una nueva especie. Para el caso de *Heterorhabditis*, uno de los aislamientos estudiados correspondió a *H. bacteriophora*. El hallazgo de estas especies nativas de nematodos entomopatógenos es de gran importancia para el control no sólo de la broca del café, sino para otras plagas de la agricultura colombiana.

### **Evaluación de nematodos entomopatógenos en el control de *Hypothenemus hampei*.**

Los juveniles infectivos (JI) de *Steinernema* sp., aplicados sobre los frutos brocados que se encuentran en el suelo, penetran al interior del fruto y causan mortalidad de los estados inmaduros de broca logrando su multiplicación. Combinaciones de dosis (60.000 a 240.000 JI / plato de árbol) y frecuencias de aplicación entre dos y tres (antes y después de cosecha principal y después de mitaca), fueron las más efectivas para el control de la broca que emerge de los frutos caídos en el suelo.

Nematodos (*Steinernema* sp. y *Heterorhabditis* sp.) aplicados sobre poblaciones de broca en frutos ubicados en ramas del árbol, ejercen parasitismo y matan los estados inmaduros de broca en el interior del fruto. *Steinernema* sp. (20.000 JI / rama), parasitó brocas en

posiciones B y C, después de 48 horas de la infestación. Factores exógenos como la radiación solar y/o la lluvia prolongada reducen la viabilidad y permanencia del nematodo en la superficie del fruto, disminuyendo la capacidad de búsqueda de éste sobre la broca. Sin embargo, los niveles de parasitismo fueron muy bajos.

Los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* no tienen efecto inhibitorio sobre estados juveniles infectivos de los nematodos para el control de broca. Más aún en mezcla (hongo - nematodo), potencializan su acción y reducen significativamente las poblaciones de broca emergentes; lo anterior es posible, debido a que el nematodo transporta esporas de los hongos durante su desplazamiento al interior del fruto brocado, ocasionando un efecto patogénico aditivo entre los dos agentes biológicos. Finalmente, aplicaciones de mezclas entre hongos (*B. bassiana*) y nematodos (*Steinernema* sp.), en un período corto de cosecha como mitaca, donde la plaga se concentra por la escasez de frutos y permanece refugiada en ellos, reduce significativamente la población viable del insecto que puede causar daño a los frutos, en comparación con un período donde la disposición es mayor (cosecha principal).

### **Evaluación del efecto de diferentes equipos de aspersión sobre la viabilidad de entomonematodos.**

Se evaluó la viabilidad y concentración de una suspensión de entomonematodos (EN) de los géneros *Steinernema* sp y *Heterorhabditis* sp después de aplicarlos con los equipos de aspersión: Royal Cóndor, Matabi, Triunfo 40-100-10, Maruyama MS 056 y Maruyama MS 253. Para el efecto, se retiraron previamente los filtros y las boquillas de los equipos, se llenaron sus tanques con una suspensión con 50 entomonematodos por mililitro de cada uno de los entomonematodos y se aplicaron en un transecto de 400m. Durante

la aplicación se tomaron cinco muestras de 100ml de la suspensión aplicada con los equipos a los 0, 1, 15, 30 y 45 minutos, para los equipos: Royal Cóndor, Matabi y Triunfo 40-100-10; a los 4, 8 y 12 minutos para la Maruyama MS 056, y a los 10, 20, 30 minutos para el equipo Maruyama MS 253. Los resultados mostraron que sólo se presenta decantación de las dos especies de EN en el equipo Triunfo 40-100-10, pero la viabilidad no se reduce más de un 5%.

### **Parasitoides para el control de la broca**

**Variabilidad genética y evaluación biológica del parasitoide *Prorops nasuta* Waterston en Colombia.** Con el propósito de determinar diferencias genéticas y biológicas del parasitoide *Prorops nasuta* Waterston establecido en los cafetales de Colombia, se han recolectado muestras de granos brocados en diferentes departamentos del país, las cuales se utilizarán para las pruebas biológicas y moleculares de este experimento. Se ha detectado la presencia de *P. nasuta* en nueve municipios de los departamentos de Caldas, Risaralda, Valle, Nariño, Cesar y Norte de Santander. En el departamento de Caldas se han realizado muestreos en 7 fincas, encontrando la avispa en el 57% de ellas, con porcentajes de parasitismo entre 0,23 y 10,2%. En la zona donde se realizaron las primeras liberaciones en el departamento de Nariño, se evaluaron 31 fincas en los municipios de Sandoná, Consacá y Ancuyá, encontrándose el parasitoide en todas las muestras, con porcentajes de parasitismo entre el 1,5 y el 50%. En Norte de Santander se evaluaron 6 fincas donde se liberó el parasitoide, en los municipios de Pamplonita, Chinácota y Bochalema, encontrando la avispa en el 33,33% de los lotes. A pesar de que se liberó una cantidad muy superior de *Cephalonomia stephanoderis* y posteriormente *Phymastichus coffea*, en muchos sitios del territorio nacional, hasta el momento sólo se ha encontrado *P. nasuta*.

### **Tecnología de aplicación y aspersión**

#### **Evaluación física de las aplicaciones con diferentes equipos de aspersión para el control de la broca del café.**

Con el fin de determinar los rendimientos de aplicación, los daños ocasionados por el desplazamiento de los operarios y evaluar físicamente las aplicaciones, se realizó la presente investigación en la cual se utilizaron cinco equipos de aspersión, cuatro lotes de café variedad Colombia de 4 años, dos densidades de siembra y dos pendientes del terreno. Para el efecto, se trabajó con un operario cada día, con jornadas de ocho horas diarias, durante una semana. Las aplicaciones se evaluaron utilizando colectores de papel kromacote y el colorante azul de metileno al 1%. Los resultados mostraron que la mayor eficiencia en número de árboles asperjados se obtuvo con el equipo semiestacionario y la menor con el de presión previa retenida (PPR). En relación con la caída de los frutos, en cafetales con densidades de 10.000 árboles/ha y pendientes mayores al 40%, con el equipo motorizado de espalda se registró la mayor caída de frutos y la menor con el PPR. En lotes con 5.000 plantas/ha y pendiente mayor al 40%, la aspersora de palanca produjo el mayor daño, seguido por el motorizado de espalda, el aguilón vertical y el equipo de PPR. En los lotes de 10.000 plantas/ha y pendiente menor al 40%, la mayor caída de los frutos se produjo con el equipo de palanca seguido por el motorizado de espalda. Los equipos semiestacionario y PPR, ocasionaron las menores caídas de frutos. Mientras que en la densidad de 5.000 plantas/ha, no se presentaron diferencias estadísticas significativas entre los diferentes equipos de aspersión.

**Eficacia de insecticidas usando diferentes equipos de aspersión para el control de la broca del café, *Hypothenemus hampei***

**(Ferrari).** Con el propósito de clarificar los aspectos relacionados con la eficacia de los insecticidas, teniendo como base los principios fundamentales sobre tecnología de aplicación de plaguicidas y equipos de aspersión, para el control de la broca del café, se están evaluando cinco equipos de aspersión y tres insecticidas comerciales de baja categoría toxicológica, bajo dos condiciones de infestación tanto natural como artificial y dos densidades de siembra del cafeto (10.000 y 5.000 plantas por hectárea). Actualmente, se viene realizando la primera parte de campo en la cual se evaluaron todos tratamientos bajo los dos tipos de infestación propuestos en cafetales de variedad Colombia de cuatro años de edad sembrados a 1 x 1m. Se utilizaron dos tipos de infestaciones: la natural al momento de realizar las aplicaciones y la artificial, utilizando mangas entomológicas e infestando con 100 brocas recién emergidas por rama. La evaluación de la mortalidad se realizó disecando los frutos de café y registrando la posición de ésta dentro el fruto y si estaba viva o muerta. La infestación natural fluctuó entre 2,98 y 10,26% y la artificial entre 88,37 y 98,51%, siendo ésta última muy alta y uniforme.

De acuerdo con los resultados parciales de mortalidad de la broca no se detectaron diferencias marcadas entre los productos evaluados con los diferentes equipos de aspersión; y en cuanto a la diferencia en las tendencias de la mortalidad del insecto entre equipos bajo los dos criterios de infestación, el mayor porcentaje de mortalidad ocurrió con los equipos de presión previa retenida (P.P.R) y de palanca, y el menor porcentaje de mortalidad se registró con las aplicaciones con el motorizado de espalda. En general se observó una alta tendencia en la mortalidad de la broca del café, con los diferentes equipos de aspersión y los insecticidas evaluados. En la actualidad se está realizando el análisis estadístico de esta primera fase del experimento.

## Actividades de transferencia

Se dictaron 17 cursos, fuera de Cenicafé, sobre generalidades de la broca del café, tecnología de aplicación y equipos de aspersión para el control de la broca del café y un curso sobre tecnología de aplicación en el cultivo del plátano, presentado al Comité de Cafeteros de Risaralda. En total se atendieron 414 personas. En Cenicafé, el grupo de la Disciplina de Entomología atendió 991 visitantes entre caficultores y estudiantes de universidades, instruyéndolos sobre los resultados de nuestras investigaciones. Con relación a la divulgación de los resultados de las investigaciones durante este período se publicaron 17 artículos científicos, 13 resúmenes en congresos, talleres y seminarios, y se completaron 5 trabajos de tesis, además se desarrolló un software para simular la dinámica de la broca.

## V. Biología de la Conservación

Durante el período 2004-2005, el Programa de Biología de la Conservación logró adelantos en varias de las áreas estratégicas de Cenicafé, en experimentos realizados en convenios o apoyos con diferentes entidades nacionales o extranjeras. En el área clave "Conocimiento estratégico" se obtuvo información sobre el estado de la biodiversidad, especialmente de aves y mamíferos, en más de 30 localidades cafeteras del país y sobre la comunidad de invertebrados acuáticos 25 quebradas y arroyos. En el área de "viabilidad económica del café", se iniciaron procesos que buscan utilizar el conocimiento de la biodiversidad para apoyar los programas de comercialización que adelantan caficultores y grupos asociativos que quieren sobresalir en los mercados de cafés sostenibles y amigables con la biodiversidad. A los productores se le suministraron informes

de los estudios realizados en sus zonas, así como los boletines de una nueva serie denominada BioCarta Noticias, que tiene como objetivo resaltar los hallazgos de los estudios realizados por el programa y su relación con las comunidades cafeteras.

En el área de "Calidad y cafés especiales", se trabajó con grupos de productores de cafés especiales con intereses ambientales, buscando incorporar el conocimiento de la biodiversidad y su conservación en sus programas y especialmente, como apoyo en los procesos de certificación con sellos como Rainforest y Utz kapeh. Así mismo, se inició un experimento en el que se evaluará el aporte de esas certificaciones ambientales a la conservación de la biodiversidad.

En el área de "Divulgación y transferencia" se produjeron 12 publicaciones científicas. Se realizaron más de 40 talleres y 50 presentaciones sobre la biodiversidad en zonas cafeteras y su conservación, atendiéndose a más de 2.200 caficultores y funcionarios de la Federación; también se participó en diez programas radiales y de televisión y se colaboró en la producción de dos videos promocionales. Durante este período se produjeron cuatro BioCartas, ocho BioCarta Noticias y tres afiches sobre aves migratorias y residentes en zonas cafeteras.

En el último año cafetero se han desarrollado experimentos que buscan documentar la biodiversidad y su estado en tres grupos taxonómicos principales: las aves y mamíferos en sistemas de producción en zonas cafeteras y los invertebrados acuáticos en quebradas y arroyos. Los estudios de aves tienen dos características que merecen ser resaltadas. Primero, la considerable ampliación de la distribución geográfica de los censos, incluyendo localidades cafeteras desde el sur del país, en los departamentos de Huila y Cauca, pasando por el centro occidente y el centro oriente, en los dos Santanderes y

Cundinamarca y el norte de Colombia, en la Sierra Nevada; y segundo, la participación de las comunidades cafeteras en todas las regiones cafeteras donde se desarrolla el estudio sobre las aves. Estos estudios han permitido corroborar la diversidad natural de las localidades cafeteras del país, las importantes oportunidades para la conservación que aún existen, el gran interés que tienen muchos caficultores, comunidades y funcionarios de la Federación Nacional de Cafeteros por los temas de biodiversidad, así como el enorme potencial que tienen las aves para adelantar programas de educación ambiental en el campo, como estrategia para buscar la sostenibilidad.

En el estudio de los mamíferos, y especialmente en cuanto a la ecología de una especie de primate que habita en bosques de la zona cafetera (el mono nocturno andino), se hicieron adelantos muy significativos sobre la distribución, ecología y comportamiento. Este estudio, ha permitido avanzar en el conocimiento del efecto de la fragmentación de los bosques sobre la biodiversidad y reconocer su valor como especie carismática (es decir, que atrae la atención por sus características especiales). También se está realizando un estudio pionero sobre la biodiversidad de los invertebrados acuáticos en las fuentes de agua en zonas cafeteras. Esta investigación permitirá adelantar en el conocimiento de este grupo taxonómico y en la definición de indicadores ambientales.

### **Conservación de la biodiversidad en los Andes colombianos. BDC 0110.**

Durante el último período se adelantaron las diligencias para la conclusión del convenio con el Instituto Humboldt, entidad que originalmente apoyó este proyecto. Se hicieron además algunos adelantos en el análisis de la información obtenida y en la divulgación y publicación de los resultados. Se participó en un coloquio internacional

sobre insectos sociales, con una ponencia sobre las comunidades de hormigas cazadoras en zonas cafeteras.

Conservación de las aves migratorias boreales en zonas cafeteras de los Andes colombianos. BDC 0201. Durante este período se concluyó el primer año de actividades de esta investigación que recibe el apoyo financiero del Departamento Forestal de los Estados Unidos a través de The Nature Conservancy y en el que participan comunidades de 14 localidades cafeteras de todo el país. El objetivo principal de este proyecto fue trabajar con miembros de esas comunidades en la elaboración de inventarios de biodiversidad. Más específicamente, en la realización de censos e inventarios de aves en cada una de las localidades. Con este proyecto, el Programa de Biología de la Conservación inició investigaciones con la participación estrecha y activa de los caficultores y sus familias y con un importante elemento educativo.

Durante este período se realizaron tres visitas a cada una de las localidades en las cuales además de los trabajos de investigación, se adelantaron diversas actividades educativas y talleres para la identificación de los potenciales y los problemas de la biodiversidad regional. Además, con la participación de miembros de esas comunidades se realizaron talleres para formular propuestas de acción para promover el conocimiento y conservación de la biodiversidad y su utilización como apoyo a los programas de comercialización.

#### **Evaluación del papel de los cafés con certificaciones ambientales a la conservación de la biodiversidad. BDC 0303.**

El objetivo principal de este estudio es obtener información que permita valorar la contribución de las certificaciones ambientales a la conservación de la biodiversidad. En años

recientes, en el comercio mundial cafetero han surgido las certificaciones ambientales, como la "Orgánica" y la de "Rain Forest", las cuales aprovechan el creciente interés de muchos consumidores de café para apoyar la conservación de la biodiversidad. Estas certificaciones otorgan bonificaciones monetarias a los caficultores y por tanto, incentivan el mantenimiento del sombrero en los cafetales y de otras prácticas amigables con el medio ambiente. Sin embargo, a pesar de que las organizaciones que promueven estas certificaciones aducen que con ellas se contribuye a la conservación de la biodiversidad, aún se carece de datos cuantitativos concretos que documenten esa afirmación. Este estudio, que recientemente se ha iniciado con el apoyo de Fundación Natura y la colaboración de la Oficina de Cafés Especiales del Comité Departamental de Santander, del Comité Municipal de Cafeteros de San Gil, y muchos caficultores de Santander, busca precisamente suministrar datos científicos que permitan valorar esas certificaciones, utilizando las aves como indicadores de la biodiversidad.

#### **Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en fuentes de agua de la zona cafetera centro-occidental. BDC 0404.**

El objetivo principal de esta investigación es hacer una clasificación inicial de la comunidad de invertebrados acuáticos en la región cafetera centro occidental y establecer un índice preliminar de integridad biótica para monitorear la calidad del agua en la región. Con el apoyo de la Universidad de Missouri y la participación de Ely Kosnicki, estudiante de doctorado del Departamento de Entomología, se realizó la etapa de muestreo de este estudio en la zona cafetera cercana a las instalaciones de Cenicafé Planalto.

- Las comunidades de invertebrados acuáticos en las regiones andinas han comenzado a recibir

la atención de científicos, conservacionistas y entidades encargadas de la planeación ambiental, y aunque se han hecho avances importantes, aún hay muchos temas por investigar. Este grupo de insectos es un componente de la biodiversidad que tiene gran valor como indicadores de la calidad de las aguas. Debido a la poca experiencia que sobre el tema existe en Cenicafé, es urgente comenzar a adquirir experiencia y a conformar bases de datos y colecciones de referencia e iniciar la evaluación de las condiciones de las corrientes de agua.

#### **Relaciones entre flora y fauna en remanentes de vegetación nativa en zonas cafeteras. BDC 0405.**

Este proyecto se constituyó como la continuación temática de experimentos anteriores realizados por el Programa de Biología de la Conservación que buscaron estudiar la biodiversidad en fragmentos de bosque en zonas cafeteras, usando las plantas, las aves y los murciélagos como indicadores del estado de éste. Estudios realizados en Cenicafé han suministrado información valiosa sobre la fauna y la flora presente en esos fragmentos, y muestran evidencias sobre los grupos que aun permanecen en la zona, sobre aquellos que han sido eliminados y sobre el alto grado de singularidad que existe entre estos fragmentos o remanentes de bosque en zonas cafeteras.

#### **Desarrollo de un plan de manejo ambiental de la Reserva de Planalto. BDC 0501.**

Se comenzó la elaboración de un plan de manejo para la reserva de Planalto, como una obligación adquirida por Cenicafé cuando el área fue declarada como "reserva forestal protectora" por la autoridad ambiental regional, Corpocaldas. El plan de manejo es una carta de navegación que se utiliza para el manejo de las reservas naturales. Es

parte esencial para su administración y le da a la Dirección del Centro, los medios que orientarán los trabajos hacia el futuro. En este plan se establecen y regulan las actividades permitidas y las prohibidas, se definen los planes para la conservación, restauración y uso sostenible de la reserva.

#### **Educación para la conservación. BDC 0801.**

Como parte de las actividades realizadas durante este último período se publicó la BioCarta No.8, con el título "Grandes mamíferos del Parque los Nevados", en la cual se describen las siete especies de mamíferos aun presentes o antiguamente existentes en esa importante región natural de la región central andina de Colombia. Tres mil copias de esta BioCarta fueron entregadas a la administración del parque para ser repartidas entre visitantes e interesados y de esta manera apoyar el conocimiento de la biodiversidad regional.

#### **Biodiversidad y productores de café colombianos: construyendo capacidad para valor agregado. ECO 0618.**

Durante el segundo período de este proyecto liderado por la disciplina de economía, se participó activamente en el taller sobre Caficultura Sostenible. Además, se está analizando la información ornitológica obtenida en el período anterior.

## **VI. Tratamientos de residuos líquidos y sólidos de los procesos del café.**

Se desarrollaron 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 de estos residuos en las zonas cafeteras. Se destacan los siguientes resultados:

Diseño y evaluación de un sistema de depuración con base en plantas acuáticas para el postratamiento de las aguas residuales del beneficio del café tratadas por digestión anaerobia. QIN2502. Desarrollado en Cenicafé con recursos propios. Se evaluaron durante un período de ocho meses mediante análisis semanales 18 lagunas de 500 litros de capacidad cada una, para el postratamiento de las aguas residuales del lavado del café por digestión anaerobia, empleando como materiales biológicos, tres plantas flotantes jacinto de agua (*Eihhornia crassipes*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y salvinia (*Savinia molesta*) y la planta emergente enea (*Thypa angustifolia*), en tres concentraciones de DQO del afluente provenientes del SMTA instalado en Cenicafé (La Granja) y utilizando un tiempo de retención hidráulico de cinco días.

Entre las plantas flotantes, el jacinto y la lechuga de agua mostraron las mayores eficiencias de remoción de DBO en el estado estable, con valores medios de 80,91 y 80,72% respectivamente, seguidos de salvinia (79,09%) y del testigo (55,93%). Con la planta emergente se obtuvo una remoción media del 77,19%, mientras que con el testigo en piedra ocurrió una remoción del 78,10%.

Los mayores porcentajes medios de remoción de DBO para las plantas flotantes ocurrieron en las lagunas alimentadas con los efluentes del SMTA diluidos al 10% (85,77%), seguidos de las alimentadas con el efluente sin diluir (80,08%), mientras que en las lagunas alimentadas con el efluente diluido al 40%, el porcentaje de remoción fue del 74,87%. Comportamiento similar se encontró con la planta emergente. Los valores de la tasa de crecimiento para las plantas acuáticas evaluadas oscilaron entre 594 y 166 toneladas/ha-año, para el jacinto de agua; entre 629 y 228

toneladas/ha-año para la lechuga de agua y entre 284 y 105 toneladas/ha-año para la salvinia, dependiendo de la concentración de materia orgánica en el afluente.

Se analizaron los datos experimentales y se generaron para cada laguna de experimentación, modelos matemáticos que permiten predecir la DQO del agua residual con base en los sólidos totales y la alcalinidad de la misma y con errores medios cercanos al 30%, los cuales podrían hacer más económicos y ecológicos los monitoreos de los sistemas de tratamiento.

Se mantuvo en funcionamiento continuo el reactor de la planta piloto de Biodigestión anaerobia, durante todo el año, tratando las aguas residuales generadas en el beneficiadero experimental de Cenicafé, con remociones de carga orgánica superiores al 80%, en términos de DQO.

#### **Adaptación e implementación de cinco cepas de hongos comestibles en diferentes subproductos agrícolas para mejorar la productividad y competitividad de la Asociación de productores de hongos comestibles ASOFUNGICOL en el departamento del Huila. QIN3611.**

Experimentos desarrollados en los municipios de Rivera, Garzón y Teruel en el departamento del Huila (cofinanciado). Durante 2 meses se capacitó a personal de ASOFUNGICOL en las técnicas de preservación de material biológico de hongos comestibles y medicinales. De igual manera, se realizó una caracterización físico-química a los sustratos agrícolas más abundantes y disponibles en el departamento del Huila, así como al agua disponible en los sitios de experimentación.

En las diferentes regiones se encuentran subproductos agrícolas con una relación C/N entre 15 y 338, que los hace aptos para

el cultivo de macromicetos; por tal razón se calcularon 48 formulaciones diferentes para el cultivo de los hongos, 24 para el género *Pleurotus* y 24 para el género *Lentinula*, y se elaboraron los protocolos para el mantenimiento de las cepas, producción de la semilla y caracterización y adecuación de los sustratos, todo ello enmarcado en el proyecto de asesoría que se está prestando a la Asociación con recursos financieros provenientes del SENA.

### **Diseño y evaluación de un sistema prototipo utilizable a nivel de finca cafetera para el tratamiento de las aguas residuales del lavado del café. QIN0103.**

Durante el período del presente informe se continuó con la participación en el Programa Sembradores de Paz, proyecto para la producción de café orgánico en la Sierra Nevada de Santa Marta con la difusión y transferencia masiva de tecnologías de tratamiento de las aguas residuales del café de lavado en el Tanque Tina, para lo cual se dictó entre el 11 y 15 de abril de 2005 un Segundo Curso de capacitación, relacionado con los conceptos fundamentales de diseño y operación de los SMTA, dirigida a maestros de obra y a extensionistas del Comité de Cafeteros del Magdalena.

El día 12 y 13 de abril en la finca La Esmeralda de la Vereda Mundo Nuevo - Sierra Nevada, (producción anual de 1.200@ cps), se realizó un taller en el cual se orientaron y evaluaron a 12 maestros de obra, ocho extensionistas, un representante de Comité Departamental y un funcionario del Convenio ICA-FEDERACAFE, en el montaje de un prototipo SMTA compuesto por tres reactores hidrolíticos acidogénicos RHA, cada uno con 2m<sup>3</sup> de capacidad, y dos reactores metanogénicos RM de 750 litros cada uno, adaptándolo al tratamiento de lixiviados producidos en la finca. Se encontró como

necesario, diluir 3:1 el residuo con agua de enjuague de café lavado para reducir su concentración original de DQO 120.000ppm hasta una DQO de 30.000ppm. Se ajustó el caudal para después del arranque a 550ml/min durante 10 horas. La inoculación se realizó en los dos últimos componentes adicionando la mezcla de agua de enjuague de café lavado y estiércol de ganado vacuno en una proporción volumétrica 3:1, lo que permitió tener una relación inicial de arranque cercana a 1,33g DQO/g de sólidos suspendidos volátiles. Los reactores metanogénicos se llenaron con botellas plásticas no retornables como medio de soporte de microorganismos, con un área específica de contacto de 51,7m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Previamente se adicionó una libra de cal en los RHA para potenciar la capacidad buffer del sistema.

Después de haberse dictado el taller, los maestros de obra capacitados han efectuado el montaje de un total de 30 SMTA con sus respectivos Tanques Tina, en fincas de la Sierra Nevada de Santa Marta, dentro de las cuales se incluye la de mayor producción anual en la zona con 35.000kg de cps, lo que muestra el inicio de la adopción masiva de las tecnologías Tanque tina y SMTA.

También se visitó el primer módulo SMTA que se construyó en la finca Vista Nieves el pasado mes de octubre de 2004, el cual muestra una alta actividad interna en RM y en el efluente un pH en 7,2 unidades, lo que indica buenas condiciones de operación y estabilidad bioquímica de los reactores.

### **Evaluación de soportes para producción de lodo anaeróbico. QIN 0102.**

Esta investigación busca evaluar a nivel de laboratorio, a temperatura ambiente y sin neutralización, el desempeño de un reactor UASB empacado con ripio de neumáticos usados (caucho granulado) como soporte

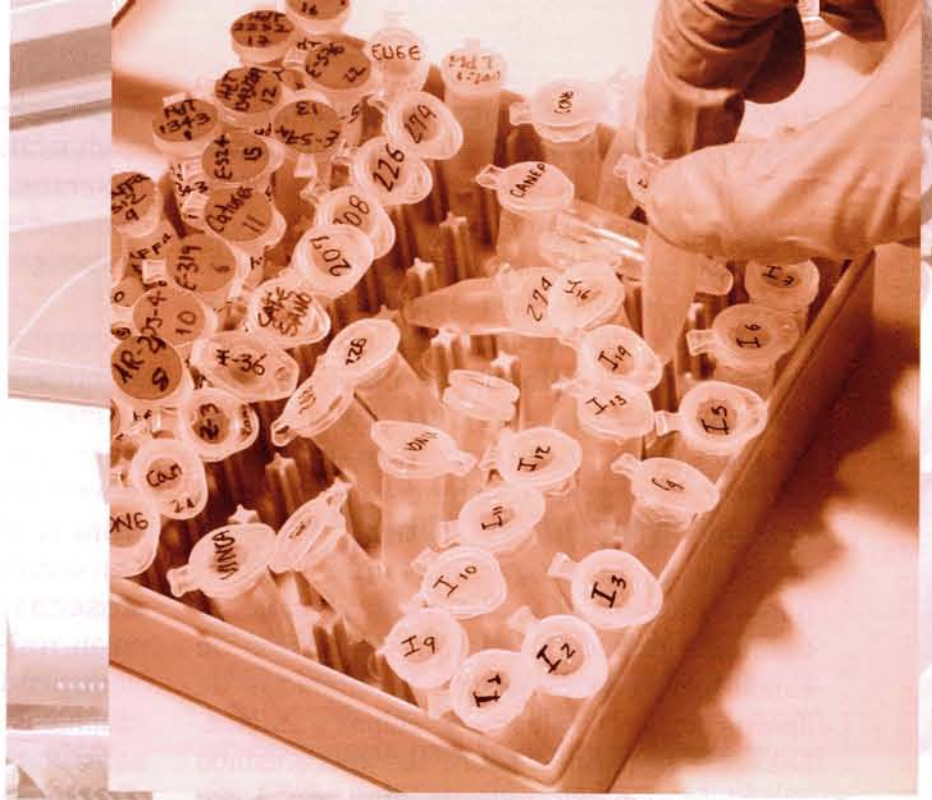


para microorganismos, en el tratamiento secundario de los lixiviados generados en la tecnología Becolsub.

En el arranque del sistema se obtuvieron eficiencias de remoción globales en términos de la DQO del 72%, con la alimentación de lixiviado con DQO media de 2.484ppm, alcanzando hasta una DQO de 3.750ppm. La carga orgánica aplicada óptima, se estableció en 2,4kg de DQO/m<sup>3</sup> de reactor día. De igual manera y manteniendo la carga orgánica optima, se está evaluando la respuesta del sistema a concentraciones en términos de DQO mayores. Hasta el momento se han obtenido remociones globales de 84% con DQO en el afluente de 4.577 y 9.648ppm operando el reactor durante 12 y 6 horas al

día, respectivamente, esperando llegar a un afluente con DQO cercana a 60.000ppm.

El caucho granulado presentó una porosidad de 60,9%, un área específica de contacto de 2.998,84m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>, una densidad real de 1,17g/cm<sup>3</sup> y una velocidad de sedimentación de 112,33m/h, que permiten enmarcarlo en el contexto de los materiales de soporte en reactores UASB. Igualmente, empacar un m<sup>3</sup> de reactor UASB con ripio de neumáticos usados, tiene un costo de \$48.000, aproximadamente. Teniendo en cuenta lo anterior, el desempeño general del sistema, indica la viabilidad técnica de su utilización, en el tratamiento secundario de los lixiviados generados en la tecnología Becolsub, necesaria para complementar la utilización de los STLB en el tratamiento de estos residuos.



# Conocimiento estratégico

## I. Genómica del café, la broca y el hongo *Beauveria bassiana*

Por segundo año consecutivo, se continuó con el Proyecto sobre **Genómica del café, de la broca y del hongo *Beauveria bassiana***, co-financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y ejecutado en colaboración con Cornell University, la Universidad de Maryland, el IRD de Francia, el CINVESTAV de Méjico y el CIAT.

Este proyecto tiene como objetivo contribuir a la generación de conocimientos fundamentales sobre el café, la broca y el hongo biocontrolador *Beauveria bassiana*.

En relación con el café, dichos conocimientos son importantes para la obtención de nuevas variedades de café con atributos de mejor calidad, resistencia a plagas

y enfermedades y mejor comportamiento respecto a la floración y maduración de los frutos. Por ello dentro del proyecto se realizan investigaciones que permitirán conocer el mapa genético del café (*Coffea arabica*); el estudio de los genes responsables por la expresión de resistencia a enfermedades de importancia económica como la roya (*Hemileia vastatrix*) y el CBD (*Colletotrichum kahawae*), así como también la búsqueda de expresiones de resistencia a la broca del café (*Hypothenemus hampei*). También se incluyen investigaciones que servirán para caracterizar y distinguir al café de Colombia por sus particulares atributos de calidad expresados por sus contenidos de lípidos, ácidos totales, trigoleínas y cafeína. Las investigaciones sobre los mecanismos genéticos que controlan la floración y por tanto, la maduración de los frutos, servirán para estudiar la posible reducción de costos de producción en la cosecha y para el control de la calidad del café producido en las fincas.

Las investigaciones sobre la broca del café buscan conocer los genes que le permiten a la broca sobrevivir y reproducirse alimentándose únicamente de café y por consiguiente, encontrar la forma de combatirla sin tener que recurrir al empleo de productos químicos. Esos resultados eventualmente pueden tener utilidad en procesos industriales del café.

La genómica del hongo biocontrolador *B. bassiana*, busca el conocimiento de los genes responsables por los mecanismos de patogenicidad del hongo sobre la broca y otras plagas, con el fin de obtener mejores aislamientos del hongo que eventualmente sean más patogénicos, agresivos o virulentos sobre las plagas del café con especial énfasis en la broca.

Toda la información sobre las secuencias de genes se almacenan en bases de datos especializadas (bioinformática) que permiten el

análisis de los genes y los estudios de genómica comparativa con otras especies (vegetales, insectos, hongos), para la identificación de genes haciendo más económica la investigación.

En conjunto, el proyecto de genómica busca contribuir a la competitividad, sostenibilidad y menores costos en la producción del café, mediante la generación de nuevos conocimientos que en el futuro servirán para la obtención de variedades mejoradas en cuanto a su calidad, que puedan ser cosechadas más uniformemente y que sean resistentes a problemas fitosanitarios, reduciendo la necesidad de utilizar productos químicos para su control.

En el presente periodo, comenzó la evaluación agronómica de poblaciones utilizadas para elaborar un mapa genético del café y se hizo la genotipación de la población más polimórfica con 50 marcadores microsatélites. Se sembraron en almácigo las poblaciones desarrolladas para análisis de QTL por resistencia a roya, CBD, características de grano y rendimiento. Se obtuvieron secuencias génicas de 5.000 clones que constituyen genes candidatos con función putativa para café. Se analizaron introgresiones en un grupo de 78 líneas avanzadas del cruce de Caturra x Híbrido de Timor. Los niveles de introgresión en general son relativamente homogéneos, con un valor promedio de 35 marcadores por línea.

Se optimizaron las condiciones para la detección de secuencias de ADN sobre cromosomas de café, de utilidad para el futuro mapeo físico de genes. Se iniciaron los análisis moleculares en busca de marcadores potencialmente ligados a la resistencia incompleta a la roya del café.

Se profundizó en el entendimiento de la Interacción café-roya en la prospección de métodos de control amigables con el

y enfermedades y mejor comportamiento respecto a la floración y maduración de los frutos. Por ello dentro del proyecto se realizan investigaciones que permitirán conocer el mapa genético del café (*Coffea arabica*); el estudio de los genes responsables por la expresión de resistencia a enfermedades de importancia económica como la roya (*Hemileia vastatrix*) y el CBD (*Colletotrichum kahawae*), así como también la búsqueda de expresiones de resistencia a la broca del café (*Hypothenemus hampei*). También se incluyen investigaciones que servirán para caracterizar y distinguir al café de Colombia por sus particulares atributos de calidad expresados por sus contenidos de lípidos, ácidos totales, trigoleínas y cafeína. Las investigaciones sobre los mecanismos genéticos que controlan la floración y por tanto, la maduración de los frutos, servirán para estudiar la posible reducción de costos de producción en la cosecha y para el control de la calidad del café producido en las fincas.

Las investigaciones sobre la broca del café buscan conocer los genes que le permiten a la broca sobrevivir y reproducirse alimentándose únicamente de café y por consiguiente, encontrar la forma de combatirla sin tener que recurrir al empleo de productos químicos. Esos resultados eventualmente pueden tener utilidad en procesos industriales del café.

La genómica del hongo biocontrolador *B. bassiana*, busca el conocimiento de los genes responsables por los mecanismos de patogenicidad del hongo sobre la broca y otras plagas, con el fin de obtener mejores aislamientos del hongo que eventualmente sean más patogénicos, agresivos o virulentos sobre las plagas del café con especial énfasis en la broca.

Toda la información sobre las secuencias de genes se almacenan en bases de datos especializadas (bioinformática) que permiten el

análisis de los genes y los estudios de genómica comparativa con otras especies (vegetales, insectos, hongos), para la identificación de genes haciendo más económica la investigación.

En conjunto, el proyecto de genómica busca contribuir a la competitividad, sostenibilidad y menores costos en la producción del café, mediante la generación de nuevos conocimientos que en el futuro servirán para la obtención de variedades mejoradas en cuanto a su calidad, que puedan ser cosechadas más uniformemente y que sean resistentes a problemas fitosanitarios, reduciendo la necesidad de utilizar productos químicos para su control.

En el presente periodo, comenzó la evaluación agronómica de poblaciones utilizadas para elaborar un mapa genético del café y se hizo la genotipación de la población más polimórfica con 50 marcadores microsatélites. Se sembraron en almácigo las poblaciones desarrolladas para análisis de QTL por resistencia a roya, CBD, características de grano y rendimiento. Se obtuvieron secuencias génicas de 5.000 clones que constituyen genes candidatos con función putativa para café. Se analizaron introgresiones en un grupo de 78 líneas avanzadas del cruce de Caturra x Híbrido de Timor. Los niveles de introgresión en general son relativamente homogéneos, con un valor promedio de 35 marcadores por línea.

Se optimizaron las condiciones para la detección de secuencias de ADN sobre cromosomas de café, de utilidad para el futuro mapeo físico de genes. Se iniciaron los análisis moleculares en busca de marcadores potencialmente ligados a la resistencia incompleta a la roya del café.

Se profundizó en el entendimiento de la Interacción café-roya en la prospección de métodos de control amigables con el

para diferentes estados de desarrollo. En las primeras observaciones en frutos de café variedad Colombia se observa mayor altura de la capa de las células que forman el epicarpio en la superficie de los frutos verdes comparado con los estados pintón, maduro y sobremaduro, en los cuales se presentan superficies cada vez más lisas con el proceso de desarrollo de los frutos. El epicarpio del fruto de café presenta diferencias morfológicas y de rugosidad en diferentes ubicaciones de un mismo fruto: cerca al pedúnculo, en el centro y cerca al ombligo y entre los frutos correspondientes a diferentes estados de desarrollo.

## IV. Biodiversidad genética de controladores biológicos

### **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 moleculares las poblaciones del hongo *Metarhizium* spp., para complementar en una segunda etapa la información generada en el año 2004. La evaluación de la diversidad genética se llevó a cabo mediante la secuenciación de las regiones espaciadoras transcritas de los genes ribosomales (ITS) y de los exones de la región 3' del gen de la beta-tubulina, así como la amplificación de fragmentos polimórficos en sus sitios de restricción (AFLPs). Se evaluaron 33 aislamientos recolectados en la zona cafetera. Las diferencias entre

los organismos se analizaron mediante la construcción de matrices de similitud a partir de 203 marcadores AFLPs, utilizando el índice de Jaccard. Los datos se agruparon mediante el algoritmo UPGMA y el análisis de coordenadas principales PCOORDA. Las secuencias de regiones ITSs y beta-tubulina de aislamientos representativos de los grupos obtenidos se compararon con secuencias existentes en GenBank, y se analizaron mediante alineamiento múltiple usando CLUSTAL. Se ratificó la existencia de tres grupos intraespecíficos que no tienen relación con el origen geográfico, el tipo de cultivo, ni el hospedante, además de una alta variabilidad intraespecífica entre las poblaciones de *Metarhizium* en la zona cafetera. El análisis de DNA ribosomal ubica a todos los aislamientos obtenidos dentro de la subespecie *M. anisopliae anisopliae*, con estado perfecto en Ascomycetes Clavicipetales. *Metarhizium* presentó dos genes de beta-tubulina, que pueden corresponder a dos alelos o a una familia, pero que tienen significancia taxonómica. Por su adaptabilidad a los suelos, variabilidad y frecuencia, este género tiene un alto potencial para el desarrollo de productos de control biológico.

## V. Búsqueda de resistencia a la broca

### **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 de 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*. Las plantas correspondientes a

la F2 obtenida de la transformación con el vector alfa tubulina/endoquitinasa, se están evaluando por PCR para determinar la presencia de los genes de interés y por southern blots para identificar el número de copias de éstos. De la transformación con el vector arabicina/endoquitinasa se cuenta con los semilleros de las plantas de la generación F2; de la transformación con el vector alfa tubulina/quitobiosidasa se tienen los semilleros con la F1 y de la transformación con el vector arabicina/quitobiosidasa se cuenta con las plantas en medio de elongación, las cuales se llevarán al invernadero para ser evaluadas. Luego de determinar presencia y número de copias de los genes se continuará con la cuantificación de la actividad proteínica de las quitinasas de estas plantas y la evaluación de su actividad biológica contra insectos.

### **Evaluación de marcadores físicos y moleculares para el estudio de dispersión de adultos de broca.**

Con el propósito de realizar estudios posteriores de dispersión de la broca, se evaluó la marcación de adultos de la broca del café con pigmentos fluorescentes y la viabilidad del uso de marcadores moleculares de sitio específicos. Se determinó el efecto del pigmento fluorescente Day-glo sobre la mortalidad y la capacidad de la broca para emprender el vuelo, y la retención del pigmento sobre el cuerpo del insecto durante la penetración al fruto y bajo exposición al agua. Se evaluaron tres tratamientos correspondientes a tres grados de marcación, así: severamente marcados, parcialmente marcados y sin marcar (control). El porcentaje de mortalidad fue menor al 10% para todos los tratamientos y no hubo diferencias estadísticas significativas entre ellos ( $\alpha=0,05$ ). Se obtuvo un porcentaje de retención del marcador físico mayor del 90% en el cuerpo de la broca, cuando ésta penetró en el fruto. El valor de retención del pigmento se incrementó con el grado

de marcación, alcanzando hasta el 100% en individuos expuestos al agua lluvia y embebidos en agua con jabón, para todos los tratamientos en todas las lecturas (3, 5 y 8 días). De acuerdo con los resultados, estos pigmentos son viables para la marcación de adultos de broca en actividades de monitoreo durante períodos cortos de tiempo, aunque presentan dificultades para su detección.

Igualmente, se evaluó la presencia de los marcadores moleculares de sitio específico (P5, P6, P14, P15, 46-3) en poblaciones de broca de la Estación Central Naranjal y la Subestación Experimental La Catalina, encontrándose sólo el marcador P15 en ambas localidades. Como actividad previa a la evaluación de marcadores moleculares se probaron diferentes métodos de extracción cruda de ADN de adultos de broca, con el objetivo de encontrar un método rápido y económico para amplificar fragmentos de ADN mediante PCR. Se evaluaron los tratamientos: Dneasy tissue kit de Qiagen (T1), brocas maceradas en agua destilada (T2), en buffer TE 10:1 (T3), en buffer TE más proteinasa K (T4), en buffer de PCR más proteinasa K (T5), en Buffer STE (T6), brocas completas desnaturalizadas a 95°C (T7) y extracción con fenol cloroformo (T8). Se observó la amplificación del fragmento P8 de 208pb, presente en todas las poblaciones de broca del país, en los tratamientos T1, T3, T4, T6 y T8; lo cual demuestra que existen métodos de extracción cruda que amplifican fragmentos de ADN genómico.

Para realizar las evaluaciones de recaptura de insectos marcados en estudios de dispersión, se emplearon trampas con atrayentes. La broca del café es atraída hacia trampas con base en alcoholes y existe comercialmente una trampa desarrollada en Centroamérica, la cual ha demostrado ser eficiente en el monitoreo de poblaciones de broca en el campo. Para utilizarla como herramienta de captura se evaluó el radio de acción en un

potrero de la finca La Romelia, liberando 4.000 brocas adultas en los cuatro puntos cardinales (N, S, E, O) alrededor de una trampa desde seis distancias (5, 15, 30, 60,

90 y 120m). Se encontró que el porcentaje de brocas capturadas fue menor al 10% y el rango de acción de la trampa alcanza hasta 120m.



# Divulgación y transferencia

## I. Documentación

El principal logro durante esta vigencia estuvo relacionado con la publicación en el portal [www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org), de información relacionada con el Centro de Documentación, lo que permitió la consulta en línea de las bases de datos y algunos títulos de revistas, así como la consulta de los boletines quincenales: Resúmenes de café, últimas adquisiciones y libro de la quincena. Las estadísticas de acceso muestran que hasta la fecha han ingresado al módulo de la biblioteca 856 visitantes, quienes han realizado 3.897 consultas, siendo la base de datos sobre café, la más consultada. El 32% de las personas que consultaron fueron estudiantes, seguido de los investigadores con el 19%. Se renovaron las suscripciones a los 138 títulos de revistas, a las bases de datos en disco compacto y al Current Contents. Se adquirieron 298 libros, como apoyo a los diferentes programas de investigación. La base de datos CENIC llegó a los 31.000 registros. En



la biblioteca se atendieron 4.573 usuarios, quienes realizaron 9.651 consultas y 3.797 préstamos.

## II. Sistemas

**www.cenicafe.org.**

Desde el lanzamiento del portal de Cenicafé el 18 de octubre se vienen realizando diferentes tareas para mantener vigente su contenido y asegurar su disponibilidad permanentemente. Entre éstas se encuentran: la actualización, la recopilación y la redacción constante de los contenidos, el diseño arquitectónico y navegacional del portal, la coordinación y entrenamiento a los administradores de contenido, el desarrollo de nuevas interfases, la recopilación y el análisis de estadísticas de acceso, la administración básica del servidor web, el aseguramiento de la seguridad e integridad de los datos, el respaldo y optimización de las bases de datos, la instalación y configuración de sistemas de seguridad para el portal y la vigilancia del desarrollo, contenido y seguridad del portal.

Específicamente se ha avanzado en:

- La actualización del Content Management System phpnuke.
- La actualización de los módulos básicos del CMS para evitar el Hacking y la inyección de SQL.
- La actualización permanente de la sección de noticias del portal.
- La administración del buzón de correo del portal.
- La implementación de la marca de agua en las imágenes © Copyright FNC 2005.
- El diseño de la interfase Sepia (aparición del portal).
- La actualización de los módulos de: "Variedades de café" y "Biodiversidad en la zona cafetera".

• El establecimiento de nuevos módulos para:

- La graficación del balance hídrico del módulo de "El clima en la zona cafetera".
- El Proyecto Iniciativa Darwin.
- Las revistas en línea del Centro de Documentación.
- El manejo de los datos del proyecto GEN0201.
- El manejo de los datos de trazabilidad del proyecto QIN3011.
- Diligenciar los índices de gestión.
- El manejo de código de barras con estándares internacionales.
- El manejo de comentarios y opiniones acerca del portal y su contenido.

Se han desarrollado algunos módulos que están siendo revisados para su publicación en la página, tales como: productos y servicios, jardín de mariposas y visitantes

También, se han llevado a cabo actualizaciones a todas las páginas con el propósito de cumplir con las recomendaciones de la organización w3c, encargada de mantener los estándares en la publicación de páginas web.

Actualización de los css (cascading style sheets) para cumplir con las recomendaciones de la w3c.

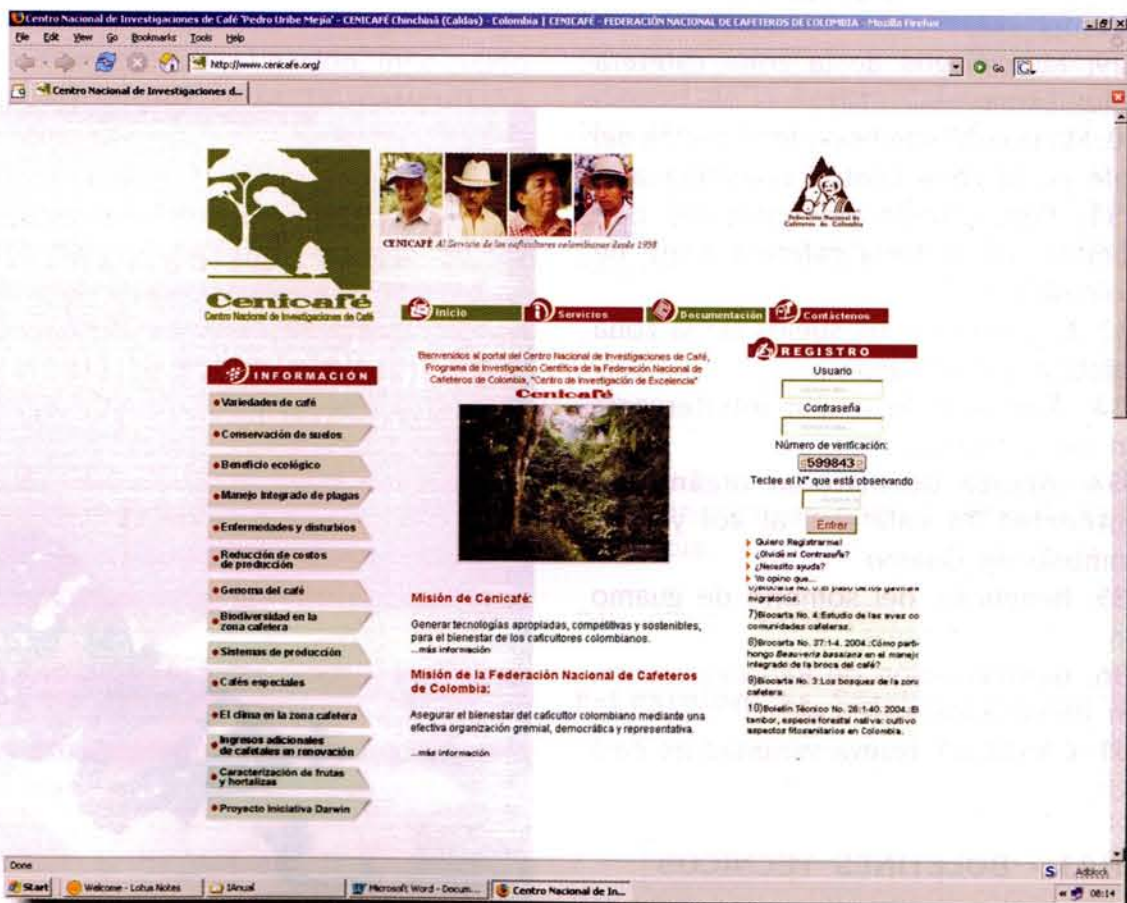
- Actualización del código y las páginas html para cumplir con las recomendaciones de la w3c.
- Actualización de los campos indizadores para los spiders (robots) de los buscadores, con el propósito de mejorar nuestra presencia en ellos. Gracias a ello estamos siendo referenciados por:

- google.com
- cafedecolombia.com
- search.yahoo.com

search.latam.msn.com  
 altavista.com  
 orton.catie.ac.cr  
 latinindex.org  
 ico.org  
 colciencias.gov.co  
 senavirtual.edu.co  
 humboldt.org.co  
 world.dir.nodeworks.com  
 gtz-ambiental.org  
 frutasyhortalizas.com.co  
 mywebsearch.com  
 whois.sc  
 phoenicis.dgsca.unam.mx  
 geocities.com

Hoy día nos complace registrar:

- 389.927 visitas a nuestras páginas.
- 2.335 usuarios registrados.
- 430 suscriptores activos.
- 323 noticias publicadas.
- 3.767 visitas a la Biblioteca del Centro de Documentación.
- 332 mensajes en nuestro buzón Contáctenos/Sugerencias.
- 10.445 conexiones diferentes a nuestro portal desde 62 países de todo el mundo



### III Divulgación y transferencia

#### DIV 0101 – REVISTA CENICAFÉ

Volumen 55 Número 3, trimestre julio - septiembre 2004.

Volumen 55 Número 4, trimestre octubre - diciembre 2004

Volumen 56 Número 1, trimestre enero - marzo 2005

Volumen 56 Número 2, trimestre abril – junio 2005

#### DIV 0102 – AVANCES TÉCNICOS

No. 328: [www.cenicafe.org](http://www.cenicafe.org). Cenicafé en Internet.

No. 329: Murciélagos de la zona cafetera colombiana.

No. 330: Manejo del sombrío y fertilización del café en la zona central colombiana.

No. 331: Fertilización de cafetales con sombrío en la zona cafetera norte de Colombia.

No. 332: El azufre en los suelos de la zona cafetera colombiana.

No. 333: Arvenses de mayor interferencia en los cafetales.

No. 334: Aporte de material orgánico y nutrientes en cafetales al sol y bajo sombrío de Guamo.

No. 335: Beneficios del sombrío de guamo en suelos cafeteros.

No. 336: Biorregulación de *Rhizoctonia solani* en germinadores de café.

No. 337: CASTILLO: Nueva variedad de café con resistencia a la roya.

#### DIV 0103 - BOLETINES TÉCNICOS

No. 27: Cultivo de hongos comestibles del género *Pleurotus* sobre residuos agrícolas de la zona cafetera

#### DIV 0104- ANUARIO METEOROLÓGICO

Anuario Meteorológico Cafetero 2003.

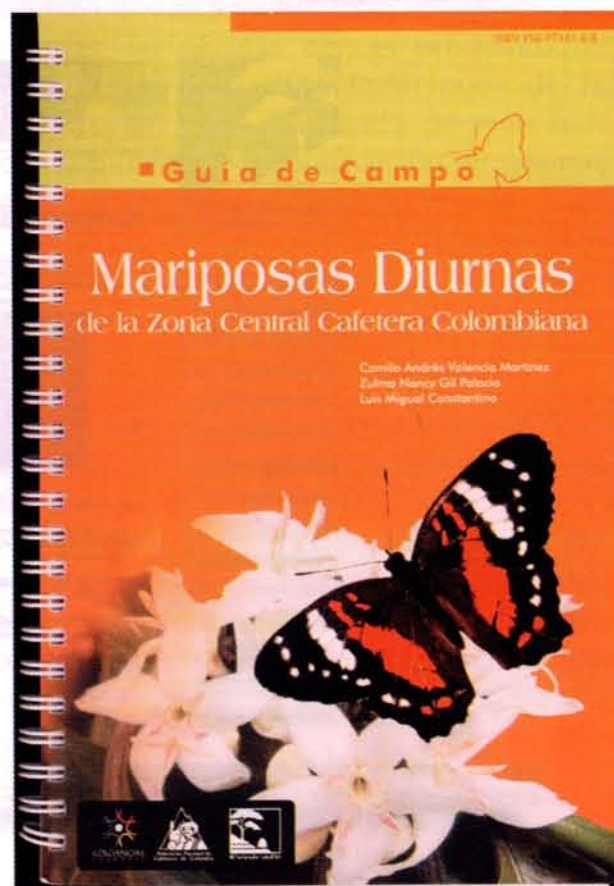
#### DIV 0105 - MANUALES Y LIBROS

- Evaluación experimental y comercial del tratamiento cuarentenario con frío en la calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.).

-Memorias V encuentro de caficultores experimentadores. Manejo integrado de la broca del café a través de investigación participativa.

- Caracterización y normalización de los recipientes de cosecha y empaques de comercialización de frutas en Colombia.

- Guía de campo. Mariposas diurnas de la zona central cafetera colombiana.



- Cocoa futures: a source book of some important issues confronting the cocoa industry.
- Estudio de adopción de la variedad Colombia.
- Clima andino y café en Colombia.
- Manual CREFT Modelo de crecimiento y captura de carbono para especies forestales en el trópico.

#### **DIV 0107 OTROS IMPRESOS (Plegables, afiches, volantes)**

- Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana. El aliso o cerezo *Alnus acuminata* H.B.K. ssp. *Acuminata*.
- Folleto Cenicafé: investigación, innovación y competitividad para la caficultura colombiana.
- Póster de las áreas de investigación de Cenicafé para el recorrido interno de las instalaciones del Centro, para el proyecto de visitas guiadas a la reserva de Planalto donde se encuentran las instalaciones del Centro Nacional de Investigaciones de Café.
- Cenicafé, dentro del proyecto turístico de la Gobernación de Caldas.

#### **Biocartas:**

Se editaron las Biocartas Nos. 6, 7 y 8.

#### **Diseño de Presentaciones para la Dirección:**

- La caficultura de Vietnam. Bogotá 2005
- Avances en investigación científica. LXIV Congreso Cafetero. Bogotá 2004

- Encuentro de científicos. Abril de 2005 en Cenicafé.

- Sustainable coffee production in Colombia. Cornell University. Julio 2005

- Iniciativa para el estudio del café, de la broca y de su agente controlador *Beauveria bassiana*. Septiembre 14 de 2005.

- Código común para la comunidad cafetera. Junio de 2005, Cenicafé.

- Generación de prácticas sostenibles para la caficultura colombiana. Taller Darwin en Cenicafé. Agosto de 2005.

#### **DIV 0108 - OTRAS PUBLICACIONES (ASESORÍAS A OTRAS DEPENDENCIAS DE LA FEDERACIÓN).**

Se editó y se llevó a cabo la coordinación editorial de la Revista Cafetera Colombiana No. 216.

-Comité Departamental de Cafeteros de Risaralda. El Chachafruto o Balú. Verdadera seguridad alimentaria.

- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. El comportamiento de la industria cafetera colombiana durante 2004.

- Manual Pliego de condiciones de la denominación de origen protegida Café de Colombia.

#### **DIV 0202 VIDEO**

**E-Learning:** La Sección participa en la planeación, diseño, edición de dos nuevos cursos virtuales "Mejoramiento Genético y Variedades de Café" y "Sistemas de producción y administración de cafetales", con el fin de continuar con el proceso de capacitación de todo el personal de la Federación.

Los cursos activos a la fecha, en los cuales se encuentran inscritos 37 investigadores de Cenicafé, son:

- La Planta: Estructura y funciones
- Factores climáticos y producción vegetal
- Suelos: Fertilidad y sostenibilidad

**Multimedia:** Metodología para la caracterización físico-mecánica de las frutas frescas. CD interactivo inserto en el Capítulo 5 del libro: Rojas A., J. M.; Peñuela M., A. E.; Chaparro C., M. C.; Gómez P., C. R.; Aristizábal V., G. E.; López R., J. A. Caracterización y normalización de los recipientes de cosecha y empaques de comercialización de frutas en Colombia. Chinchiná, Cenicafé 2005. 168 p.

#### **DIV 0203 PORTAL WEB**

**www.cenicafe.org.**

La Sección de Divulgación y Transferencia sigue colaborando con el mantenimiento del portal de Cenicafé

#### **DIV 0401 - ATENCIÓN A VISITANTES.**

Durante este período se atendieron 211 visitas con un total de 4.309 visitantes (Tabla 58).

#### **DIV 0501 - FOTOGRAFÍA.**

Se realizaron los siguientes trabajos: (Tabla 59)

#### **DIV 0502 - DISTRIBUCIÓN DE PUBLICACIONES** (Tabla 60).

#### **DIV 0503 - APOYO DE COMUNICACIONES.**

- Apoyo logístico a la realización de 38 Seminarios científicos, en las instalaciones de Cenicafé.

- Apoyo para reuniones, visitas y otros eventos de Cenicafé o sus investigadores, con el suministro de equipos de proyección, préstamos de salas, organización de carpas

**Tabla 58.** Categorías de visitantes atendidos en Cenicafé.

Número de visitantes	
Caficultores	1.347
Estudiantes	2.220
Extranjeros	50
Particulares	692

**Tabla 59.** Servicios de fotografía durante el año cafetero 2004-2005.

Actividades	Número de servicios
Rollos de 36 exposiciones revelados (sólo negativo) y digitalizados para archivo	29
Copias fotográficas en color (10x15cm)	1.472
Fotografías digitales	6.748
Fotografías y otras imágenes digitalizadas	765
Dibujos en computador para presentaciones y publicaciones	27

**Tabla 60.** Número de publicaciones distribuidas durante el período cafetero 2004-2005.

Publicación	Suscriptores
Avances Técnicos No. 323 al 335	135.768
Revista Cenicafé vol. 55 Nos. 1, 2, 3 y 4	11.142
Revista Cenicafé vol. 56 No. 1	2.805
Boletín Técnico No. 27	2.806
Anuario Meteorológico Cafetero 2003	570

- Diseño e impresión de pósteres, cartelones y otras ayudas visuales para los investigadores.

#### **DIV 0601 - CURSOS Y SEMINARIOS**

- Febrero 22 al 25: Curso intensivo de café. Dictado a los estudiantes de la Universidad de Caldas de IX semestre de Agronomía.

- Agosto 10: Capacitación en Producción más limpia. Corpocaldas - Comité Departamental de Cafeteros de Caldas – Cenicafé.

- Septiembre 8: Capacitación en plátano. Programa ETIA.

#### **DIV 0602 REUNIONES TÉCNICAS**

Se programaron 50 reuniones con investigadores de Cenicafé, los extensionistas y los caficultores de distintos departamentos, en el marco de lo que en este informe se denomina atención a caficultores

#### **DIV 0603 - DÍAS DE CAMPO**

Se coordinó con la Estación Central Naranjal, para que todos los Caficultores atendidos en Cenicafé Planalto, tuvieran la oportunidad de conocer los lotes experimentales instalados allí y a la vez recibieran charlas relacionadas con los diferentes experimentos que se están realizando.

## IV. Productos de Cenicafé - Periodo:2004/10-2005/09

Producto	Número
Ponencias en congresos	52
Artículos revista Cenicafé	30
Seminarios	30
Capítulo en libro	18
Avances técnicos	11
Posters	11
Conferencia	9
Tesis de pregrado	9
Artículos revista nacional	8
Artículos revista extranjera	7
Folleto trabajos monográficos	7
Libros	4
Biocarta	3
Boletín técnico	1
Norma	1
Patentes	1
Tesis de Doctorado	1
Tesis de Especialización	1
Tesis de Maestría	1
<b>Total</b>	<b>205</b>

### Asesorías y/o capacitaciones Periodo:2004/10-2005/09

Actividad	Número
Asesorías en Cenicafé a caficultores	292
Asesorías en Cenicafé a agricultores	130
Asesorías en Cenicafé a los Comités	105
Asesorías en Cenicafé a otras Instituciones	233
<b>Subtotal</b>	<b>760</b>
Asesorías fuera de Cenicafé a caficultores	147
Asesorías fuera de Cenicafé a agricultores	119
Asesorías fuera de Cenicafé a los Comités	232
Asesorías fuera de Cenicafé a otras Instituciones	138
<b>Subtotal</b>	<b>636</b>
Otras asesorías y/o capacitaciones	88
Capacitaciones en Cenicafé al Servicio de Extensión	40
Capacitaciones fuera de Cenicafé al Servicio de Extensión	60
<b>Subtotal</b>	<b>100</b>

# Recursos Humanos y Financieros

Investigadores Asociados a Cenicafé		
Nombre	Profesión	Nivel Académico
López Gartner German Ariel	Licenciado en Biología y Química	Doctorado en Fitomejoramiento y Biotecnología Vegetal
Badel Pacheco Jorge Luis	Bioquímico	Doctorado en Fitopatología
Villarreal Peña Diana	Licenciado en Biología y Química	Doctorado en Parasitología
Betancur Perez Jhon Fredy	Licenciado en Biología y Química	Especialización en Biología Molecular y Biotecnología
Díaz Restrepo Andrea	Licenciado en Biología y Química	Especialización en Biología Molecular y Biotecnología
Padilla Hurtado Beatriz Elena	Bacteriólogo y Laboratorista Clínico	Especialización en Biología Molecular y Biotecnología
Villalba Gault Dógenes Alberto	Ingeniero Agrónomo	Especialización en Fitopatología
Arana Rengifo Victoria Andrea	Química	Especialización en Ingeniería Sanitaria y Ambiental
Camayo Vélez Gloria Cecilia	Licenciado en Biología y Química	Especialización en Microscopía óptica y electrónica
Guzmán Piedrahita Oscar Adrian	Ingeniero Agrónomo	Maestría
Maldonado Londoño Carlos Ernesto	Ingeniero Agrónomo	Maestría en Biología Molecular y Biotecnología
Pineda Tuirán Rosana Paola	Ingeniero Agrónomo	Maestría en Biotecnología
Rangel Lema María Paola	Bióloga	Maestría en Biotecnología de plantas
Vargas Avila Blanca Irene	Ingeniero Agrónomo	Maestría en ciencias agrarias con énfasis en entomología
Jerma Bocanegra Sandra Liliana	Bióloga	Maestría en ciencias en la especialidad en Biotecnología de Plantas
Montoya Ortiz Gladis Estella	Biólogo	Maestría en ciencias Microbiológicas
Constantino Chauaire Luis Miguel	Biólogo Entomologo	Maestría en Gerencia del Parásito
Moreno Cárdenas Edilson León	Ingeniero Agrícola	Maestría en Ingeniería Agrícola con Mención en Mecanización y Energía
Alvarez Valencia Juan Alejandro	Diseñador Industrial	Pregrado
Araque Fonseca Martha Liliana	Microbiólogo con énfasis en alimentos	Pregrado
Arbeláez Alvarado Daniel	Biólogo	Pregrado
Arboleda Valencia Jorge William	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Aristizábal Arias Carolina	Economista Empresarial	Pregrado
Aristizábal Valencia Fabio Alonso	Técnico Profesional Forestal	Pregrado
Bolívar Forero Claudia Patricia	Tecnólogo en química	Pregrado
Calderón Sotelo Juan Felipe	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Cano Mogrovejo Liliana María	Ingeniero de Producción Biotecnológico	Pregrado
Caycedo Paz Yolanda Lorena	Bacteriólogo	Pregrado
Chalarca Lopez Andres Fernando	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado
Duque Ramirez María Alexandra	Administrador de Empresas	Pregrado



Escobar Ochoa Carolina	Microbiólogo	Pregrado
Galeano Vanegas Narmer Fernando	Microbiólogo	Pregrado
Gallego Agudelo Claudia Patricia	Bacteriólogo	Pregrado
Godoy Bautista Jose Alexander	Ingeniero Forestal	Pregrado
Gonzalez Rodríguez Alexandra Milena	Bióloga	Pregrado
Idárraga Ortiz Sandra Milena	Biólogo	Pregrado
Isaza Gil Luis Eduardo	Ingeniero Agrícola	Pregrado
Jiménez Sánchez Carlos Arturo	Tecnólogo en Sistemas	Pregrado
Lentijo Jiménez Gloria María	Biólogo con énfasis en Zoología	Pregrado
López Fisco Hugo Andrés	Ingeniero Agrícola	Pregrado
Mantilla Afanador Javier Guillermo	Biólogo	Pregrado
Martínez Díaz Claudia Patricia	Bacteriólogo	Pregrado
Miranda Arango Paula Tatiana	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado
Misas Villamil Johana Catherine	Bióloga	Pregrado
Montoya Cartagena Juan Carlos	Biólogo	Pregrado
Navarro Escalante Lucio	Biólogo	Pregrado
Orozco Serna Carlos Eduardo	Ingeniero Electricista	Pregrado
Ortega Pabon María Andrea	Ingeniero de Producción Biotecnológico	Pregrado
Ortiz Aristóteles	Químico	Pregrado
Osorio Lotero Oscar Iván	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Ospina Pérez Erika María	Tecnólogo en química	Pregrado
Ossa Ossa Gustavo Adolfo	Licenciado en Biología y Química	Pregrado
Patiño Ramírez Mauricio Andrés	Tecnólogo en Química	Pregrado
Perdomo Perdomo Francenid	Tecnólogo Agropecuario	Pregrado
Pérez Henao Carolina	Ingeniero de Alimentos	Pregrado
Pulido De Zamudio Flor Asunción	Cartógrafo	Pregrado
Rivera Serna Luis Fernando	Ingeniero de Sistemas y Telecomunicaciones	Pregrado
Rodríguez Lara María Del Rosario	Diseñadora Visual	Pregrado
Romero Juan Vicente	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Rubio Gómez José David	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Salazar Echeverry Hugo Mauricio	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Sánchez Sánchez Alejandra María	Biólogo	Pregrado
Sánchez Sosa Henry Walforth	Ingeniero Agrónomo	Pregrado
Taborda Quintero Olga Cecilia	Químico Industrial	Pregrado

### Estudiantes vinculados a Cenicafé Año 2005

Nombre	Código Investigación	Título Investigación	Universidad
López Henao Beatriz Elena	ACL	Análisis del sistema de variables climáticas	AUTONOMA DE MANIZALES
Acevedo Bedoya Flor Edith	ENT1404	Determinación de la migración e inmigración de adultos de broca en los cafetales	NAL. SEDE MANIZALES
Alfonso Carvajal Oscar Alberto	ING0160	Cosecha de café con varillas oscilantes actuando en los surcos	NAL. DE BOGOTÁ
Arango Liliana	ENT1605	Tecnologías de aplicación de nematodos para el control de insectos plaga	DE CALDAS
Araque Salazar Humberto	ING0158	Cosecha de café con vibrador portátil del tallo (VPT) a escala semicomercial	NAL. DE BOGOTÁ
Bustamante Giraldo Liliana Jimena	MEG1804	Evaluación de resistencia por antibiosis a <i>Hypothenemus hampei</i> en <i>Coffea arabica</i> bajo condiciones controladas	DE CALDAS
Cárdenas Ramírez Angela Biviana	ENT1608	Evaluación de la eficacia de mezclas de cepas del hongo <i>Beauveria bassiana</i> para el control de la broca del café	UNISARC
Cardona Duque Julián Andrés	ING0165	Estudio de la cinemática de frutos de café desprendidos con impactadores	TECNOLÓGICA DE PEREIRA
Cardona Puerta Gonzalo Enrique	ENT1408	Efecto del uso de trampas con atrayentes para determinar la reducción de poblaciones de la broca del café	DE CALDAS
Cardona Quintero Yenny Paola	ING0167	Caracterización superficial del epicarpio del fruto de café empleando las técnicas de microscopía de barrido por sonda y microscopía electrónica de barrido ambiental, para determinar las diferencias físicas existentes en las etapas de maduración	NAL. SEDE MANIZALES
Carmona Gonzalez Claudia Yoana	FIS1010	Eficiencia en el uso del nitrógeno en diferentes de <i>coffea</i> sp.	DE CALDAS
Ceballos Freire Alvaro Javier	ETI0121	Determinación de la conservación en calidad de la semilla de siete especies forestales nativas bajo condiciones de almacenamiento	DE NARIÑO
Díaz Gaitán Diego	ING0168	Evaluación de un dispositivo de accionamiento manual, con captura simultánea de frutos desprendidos en la cosecha del café	NAL. DE BOGOTÁ
Díaz Marín Carolina	SUE0521	Efecto de la aplicación de cal sobre el crecimiento de las plantas de café en almacigo	DE CALDAS
Duarte Cano Andrés Felipe	FIT1302	Caracterización técnica, socioeconómica y de calidad del café y de origen de la vereda Alto del Naranjo, Manizales	DE CALDAS
García Bustamante Milotn Harold	FIS0833	Caracterización de la fotorrespiración e introducción de <i>coffea</i> sp.	DE CALDAS
García Cortés Paula Marcela	DA	Apoyo en Administración Salud Ocupacional	DEL QUINDÍO
Giraldo Zuluaga Juan Diego	ECO	Modelaciones relacionadas con Economía Ambiental	DE ANTIOQUIA
Gómez Echeverri Juan Pablo	BDC0303	Evaluación del papel de los cafés con certificaciones ambientales a la conservación de la biodiversidad	DE LOS ANDES
Granada Díaz Dayhan	FIT1804	Sistema de producción de frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> L.) Relevo maíz ( <i>Zea mayz</i> L) intercalado con zoca de café ( <i>Coffea Arábica</i> L.)	DE NARIÑO
Jaramillo Otálvaro Sergio Emilio	ING0164	Cosecha de café con la herramienta raseica y repase manual a escala semi - comercial	NAL. SEDE MEDELLÍN

Leal Varón Luis Alfredo	SUE0332	Dinámica del nitrógeno en suelos de la zona cafetera colombiana	DEL TOLIMA
Londoño Gonzalez María Teresa	ING1404	Tecnología para la mecanización de labores del cultivo y el transporte de café cereza en terrenos de alta pendiente - AGROMOVIL	NAL. DE BOGOTÁ
López Díaz Diana Catalina	BIO0815	Contribución de los componentes del método mejorado en la recolección manual del café	UNISARC
Marín Rodríguez Jaime Alberto	PAT2401	Identificación de organismos causantes de un nuevo disturbio en café, denominado Chamusquina	DE CALDAS
Martínez Castro Víctor Manuel	ING0166	Viabilidad técnica del desprendimiento selectivo del café utilizando espelación de los frutos	SURCOLOMBIANA
Medina López Sandra Bibiana	SUE0909	Determinación de indicadores de la susceptibilidad de los suelos de la zona cafetera a los movimientos masales	DE CALDAS
Mejía González Claudia Alexandra	ING1121	Evaluación del rotor de varillas en el desmucilaginado mecánico de café	DEL VALLE
Menza Franco Hernán Darío	SUE1018	Evaluación de la resistencia de arvences de la zona cafetera a la aplicación de herbicidas y alternativas para su uso eficiente y racional	NAL. DE PALMIRA
Mira Rada Beatriz Eugenia	BIO0306	Determinación del tamaño de parcela para el análisis económico de la experimentación en café	DEL VALLE
Montilla Pérez Jimena	FIT1532	Determinación de los indicadores físicos y factores de conversión en el proceso de producción del café	DE CALDAS
Montoya Diego Fabián	ENT2304	Establecer la eficacia de los insecticidas con licencia ICA bajo condiciones de fincas cafeteras	UNISARC
Montoya Sáenz Mariluz	PAT1100	Micorrizas asociadas al café	DE CALDAS
Pabón Usaquen Jenny Paola	ING1120	Efecto de la fermentación posterior al desmucilaginado mecánico en la calidad en taza del café	DEL VALLE
Patiño Aristizábal Julián Alfonso	ACL1001	Sistema de información de variables climáticas	AUTONOMA DE MANIZALES
Quiroz Marín Tatiana	SUE0912	Efecto del sistema de manejo de cafetales con cultivos intercalados y manejo integrado de arvenses sobre la degradación del suelo	DEL TOLIMA
Ramírez Ortiz Fernando Andrés	SUE0914	Caracterización de la erosión potencial de los suelos de la zona cafetera colombiana	DEL TOLIMA
Ramos Giraldo Paula Jimena	ING0155	Desarrollo de un dispositivo electromecánico para la separación de frutos de café inmaduros de la masa recolectada	NAL. SEDE MANIZALES
Rendón Saenz José Raúl	FIT1529	Pronóstico de cosecha de café a nivel de finca	DE CALDAS
Rivas Ortega Cristian Mauricio	BDC0501	Desarrollo del plan de manejo ambiental de la reserva de Planalto	NAL. SEDE MEDELLÍN
Rodríguez González Andrés Fernando	ENT1201	Construcción de vectores de transformación con genes de quitinasas y un inhibidor de tripsina, para la producción de plantas transgénicas resistentes a plagas	U. JAVERIANA
Salazar Coral Miguel Anderson	FIS0837	Efecto de la humedad del suelo y la disponibilidad de nitrógeno sobre la actividad fotosintética de la hoja del cafeto <i>coffea</i> sp.	NAL. DE BOGOTÁ
Tabares Carrillo James Elberto	ENT1606	Evaluación de la eficacia de insecticidas con diferentes equipos de aspersión para el control de la broca del café	DE CALDAS

Valdés Velásquez Juan Diego	QIN0151	Tratamiento secundario de lixiviados de la tecnología BECOLSUB	DE MEDELLÍN
Vásquez Ramirez Luisa Mayens	PAT2501	Efecto de los extractos de plantas en el manejo de <i>Moloidogyne</i> spp en raíces de café empleando extractos de plantas con el fin de reducir los niveles de infección y la población de estos nemátodos	DE CALDAS
Vera Montoya Leyre Yicell	ENT1815	Evaluación del establecimiento de parasitoides de origen africano e identificación de controladores biológicos nativos de broca	UNIVERSIDAD DE CALDAS
Yandar Erazo Silvana Edith	ETI0122	Efecto de las micorrizas arbusculares en Guayacán Rosado ( <i>Tabebuia rosea</i> ) y su relación con el manejo de nemátodos del género Meloido	DE NARIÑO

**Recursos Externos Cenicafé - 2005  
Aportantes Internacionales**

Entidad Aportante	Convenios	Experimentos	Millones de Pesos
Defra Darwin OIC	1	1	167,848
FAO - CFC - ICO	1	1	94,301
FAO - Colombia - Procuena	1	1	23,200
International Centre for Genetic Engineering and Biotechnology (ICGEB)	1	1	69,451
Kali Und Salz-Sopib	1	2	68,140
SQM North America	1	1	4,429
The Nature Conservancy (TNC)	1	1	73,177
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>500,546</b>

**Recursos Externos Cenicafe - 2005**  
**Aportantes Nacionales**

<b>Entidad Aportante</b>	<b>Convenios</b>	<b>Experimentos</b>	<b>Millones de Pesos</b>
Asociación Hortifrutícola de Colombia	1	1	31.956
Asocitricos	1	1	42.991
C.I. Comercializadora Internacional Agromil S.A.	1	1	8.050
Colciencias	3	6	281.428
Corporación Autónoma Regional del Quindío (CRQ)	1	1	4.297
Corporación Colombia Internacional	1	1	3.992
Corporación Nacional de Investigación y Fomento Forestal (CONIF)	2	3	28.241
Erupción S.A.	2	2	9.318
Fundación Carvajal	1	1	8.438
Fundación Natura	1	1	1.500
Hydro Agry Colombia Ltda	1	1	5.205
Industria Licorera de Caldas	1	1	88.964
Instituto Von Humboldt	1	1	15.005
Minagricultura	1	20	6.000.000
Otras Entidades	1	17	459.078
Municipio de Manizales	1	1	3.047
Oficina Central	1	1	18.882
Orius Biotecnología	1	1	15.033
Parque Nacional Natural de los Nevados	1	1	4.506
Proexport Fiducoldex	3	3	30.422
Salz - Monómeros	1	1	30.894
Sec. Ejecutiva Convenio Andres Bello	2	3	101.543
Sena Secab - Asofungicol	1	1	55.797
Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)	1	1	10.500
Smurfit Carton de Colombia S.A.	1	1	19.896
Syngenta	1	1	2.072
<b>Total</b>	<b>33</b>	<b>73</b>	<b>7.281.053</b>

**FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA**  
**GERENCIA TÉCNICA**  
**PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**  
Centro Nacional de Investigaciones de Café

**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 y Transferencia**

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  
Albeiro Salamanca J., Ing. Agrónomo

**SUBESTACIONES DE EXPERIMENTACIÓN****Estación Central Naranjal**

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo

**Subestación Experimental El Tambo**

Carlos Rodrigo Solarte P., Ing. Agrónomo

**Subestación Experimental El Rosario**

Jhon Wilson Mejía M., Ing. Agrónomo

**Subestación Experimental La Catalina**

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

**Subestación Experimental Líbano**

José Darío Arias C., Ing. Agrónomo

**Subestación Experimental Paraguaicito**

Celso Arboleda V., Ing. Agrónomo M.Sc.

**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 Viñegas 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

### Sección Mantenimiento y Servicios

Jairo Zapata Z., Ing. Electricista

### Personal

Carlos Ricardo Calle A., Ingeniero de Sistemas  
Gonzalo Augusto Chaura N., Administrador de Empresas

### Tesorería

Martha Elena Vélez H., Contador Público  
Janeth Alexandra Zuluaga M., Administrador de Empresas  
Beatriz Eugenia Loaiza E. Administrador de Empresas

### 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  
Jesús Danilo González O., Contador Público

\* Comisión de Estudios

\*\* Post-doctorado

(E): Jefe encargado