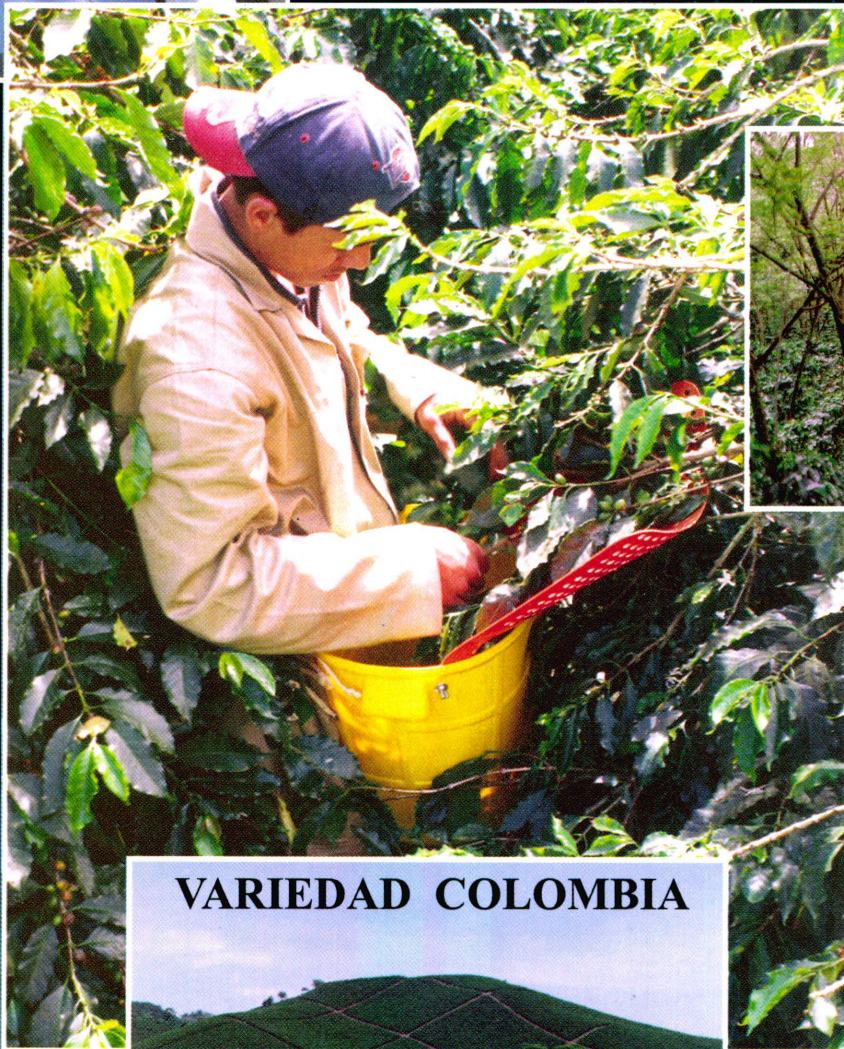
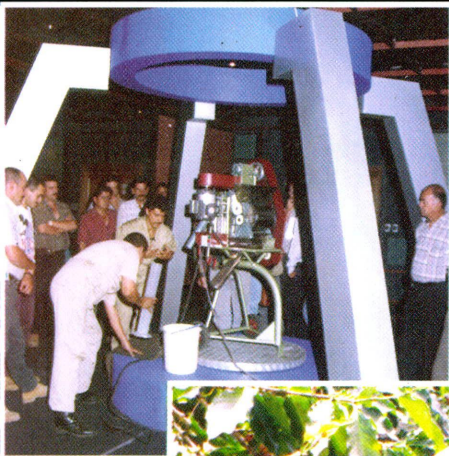


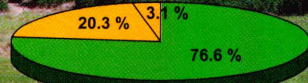
Resumen del Informe Anual de actividades **Cenicafé** 1998 - 1999



VARIEDAD COLOMBIA

Resistencia Incompleta (1 a 4)

Calificación superior a 4



Resistencia Completa



Cenicafé
CENTRO DE DOCUMENTACION

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

COMITE NACIONAL DE CAFETEROS

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Ministro de Comercio Exterior
Director del Departamento de Planeación Nacional

Miembros elegidos para el período 1999 - 2001

Principales

Luis Ignacio Múnera Cambas
Mario Gómez Estrada
Alfonso Jaramillo Salazar
Rodrigo Múnera Zuloaga
Diego Arango Mora
Floresmiro Azuero Ramírez
Carlos Alberto Martínez Martínez
Luis Ardila Casamitjana

Suplentes

Jorge Alberto Uribe Echavarría
Jorge Cala Robayo
Ramón Campo González
Rodolfo Campo Soto
Édgar Dávila Muñoz +
Alfredo Yañez Carvajal
Luis Ardila Casamitjana
Ernesto Sayer Martínez

Gerente General
JORGE CÁRDENAS GUTIÉRREZ

Subgerente General
HERNÁN URIBE ARANGO

Gerente Técnico
ANTONIO HERRÓN ORTIZ

Director Programa de Investigación Científica
Director Centro Nacional de Investigaciones de Café
GABRIEL CADENA GÓMEZ



REPUBLICA NACIONAL DE COLOMBIA

COMITÉ NACIONAL DE CAFETEROS

Ministerio de Hacienda y Crédito Público
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
Ministerio de Comercio Exterior
Director del Departamento de Planeación Nacional

Miembros elegidos para el periodo 1999 - 2001

Principales	Suplentes
Luis Ignacio Múnera Cármas	Jorge Albano Uribe Echavarría
Mario Gómez Estrella	Jorge Cala Robayo
Alfonso Jaramillo Salazar	Ramón Campo González
Rodrigo Múnera Zuluaga	Rodrigo Campo Soto
Diego Arango Alvar	Édgar Dávila Miñoz +
Florencio Arango Ramírez	Alfredo Yañez Carvajal
Carlos Alberto Martínez Añaites	Luis Andía Casamipana
Luis Andía Casamipana	Emilio Sayer Martínez

Gerente General
JORGE CÁRDENAS CUTIÉREZ

Subgerente General

UNA PUBLICACIÓN DE CENICAFE

Editor: Héctor Fabio Ospina Ospina - Ing. Agr. M.Sc.
 Diagramación: Gonzalo Gallego González.
 Fotografía: Gonzalo Hoyos Salazar
 Impresión: Editorial Blanecolor Ltda. - Manizales

CONTENIDO

PROGRAMA DE PRESENTACIÓN ORAL	7
INTRODUCCIÓN	19
RESULTADOS SOBRESALIENTES	17
AGRONOMÍA	25
QUÍMICA AGRÍCOLA.....	25
FITOTECNIA	30
CONSERVACION DE SUELOS	39
EXPERIMENTACIÓN	43
POST-COSECHA	47
INGENIERÍA AGRÍCOLA.....	47
QUÍMICA INDUSTRIAL	54
BIOLOGÍA	65
ENTOMOLOGÍA	65
BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN	91
ENFERMEDADES DEL CAFÉ	92
Enfermedades radicales	92
Enfermedades del tallo.....	94
Enfermedades del follaje.....	95
Enfermedades de los frutos del café	95
Nuevas enfermedades del cafeto.....	96
Otros problemas fitosanitarios.....	98
Diagnósticos fitosanitarios	99
MEJORAMIENTO GENÉTICO Y BIOTECNOLOGÍA	99
Mejoramiento para la obtención de variedades con resistencia completa a la roya	99
Selección por resistencia incompleta a la roya	101
Selección por resistencia a la enfermedad de los frutos, CBD (<i>Colletotrichum kahawae</i>).....	103
Búsqueda de fuentes de resistencia a la broca del café.....	104
Desarrollo de híbridos interespecíficos	105
Conservación, mantenimiento, evaluación y documentación de germoplasma	106

Estudio de algunos metabolitos secundarios del café verde para la selección de genotipos en programas de mejoramiento genético	106
Sistemas de regeneración aplicados al mejoramiento	107
Selección asistida por marcadores moleculares	107
Investigaciones en Ingeniería Genética	109
Transformación genética de variedades elite de café	109
FISIOLOGÍA VEGETAL	110
Crecimiento del cafeto	110
Floración del cafeto	111
Fotosíntesis del cafeto	116
Diagnóstico y descripción de los desórdenes fisiológicos	121
ETIA	125
PLÁTANO	125
CAUCHO	125
CÍTRICOS	126
PASSIFLORAS	126
USO DE SUBPRODUCTOS	126
MACADAMIA	127
NORMALIZACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS	127
INVESTIGACIÓN FORESTAL CON ESPECIES NATIVAS	129
PRODUCCIÓN ANIMAL	130
INDUSTRIALIZACIÓN	133
APOYOS BÁSICOS	145
BIOMETRÍA	145
ECONOMÍA AGRÍCOLA	147
AGROCLIMATOLOGÍA	150
DOCUMENTACIÓN	152
SISTEMAS	153
DIVULGACIÓN	155

PROGRAMA PRESENTACION ORAL

INFORME ANUAL DE LABORES 1998 – 1999

OBJETIVOS

PARTICULARES

- Conocer qué actividades de investigación se realizaron por parte de cada uno de los participantes durante el tiempo comprendido entre Octubre de 1998 y Septiembre de 1999.
- Informar en cuales 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 CENICAFE, de las actividades de investigación y experimentación.
- Evaluar la productividad de CENICAFE 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.

PROGRAMA

LUNES 15 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: GLORIA INES PUERTA Q.

INSTALACION		8:00 AM
I. DOCUMENTACION		
Actividades de Documentación.	Luis A. Maya Montalvo	8:15 AM
	Documentación	
II. DIVULGACION		
Actividades de Divulgación y Transferencia	Héctor Fabio Ospina O.	8:30 AM
	Divulgación	
III. SISTEMAS		
Informe Anual 1999 Disciplina de Sistemas	Luis Ignacio Estrada H.	8:45 AM
	Sistemas	
IV. AGROCLIMATOLOGIA		
Red Climática, Ecotopos Cafeteros	Orlando Guzmán M.	9:00 AM
	Agroclimatología	
Ecotopos cafeteros	José Vicente Baldión	9:15 AM
	Agroclimatología	

Ciclo hidrológico y nutrimentos en cafetales.

Alvaro Jaramillo R. 9:30 AM
Agroclimatología

V. CONSERVACION

Prevención, control y predicción de erosión en la zona cafetera Colombiana.

Horacio Rivera Posada 9:45 AM

RECESO

Conservación de suelos 10:00 AM

VI. EXPERIMENTACION

Multiplicación, producción y distribución de semilla de café.

Manuel Echeverry L. 10:30 AM
Experimentación

Calidad de la semilla de café. Rendimientos del selector de arvenses.

Luis Fernando Machado M. 10:45 AM
Subestación Maracay - La Sirena

Uso del bioabono en almácigos de café.

Miguel Bonilla Galindo 11:00 AM
Subestación Gigante-Huila

Costos del secado mecánico de café.

Javier García Alzate 11:15 AM
Subestación Eptal. La Catalina

Rotación de potreros en ganadería de carne.

Juan Carlos García L. 11:30 AM
Subestación Eptal. Pueblo Bello

La fertilización del café bajo sombrío.
Ceba de ganado en rotación de praderas.

Pedro María Sánchez A. 11:45 AM
Subestación Eptal. Santander

LUNES 15 DE NOVIEMBRE MODERADOR: ALVARO GAITAN B.

VII. BIOTECNOLOGIA

Establecimiento de una metodología para la transformación genética del café.

Ricardo Acuña Z. 1:30 PM
Mej. Genético-Biotecnología

Transformación genética del café usando biolística.

Esperanza Barco C. 1:45 PM
Mej. Genético-Biotecnología

Transformación genética del café usando *Agrobacterium tumefaciens*.

Diana Molina 2:00 PM
Mej. Genético-Biotecnología

Aislamiento y transformación de protoplastos de diferentes genotipos de café. Actividades del proyecto BTE04.00

Myriam de Peña 2:15 PM
Mej. Genético-Biotecnología

VIII. ENTOMOLOGIA

ESTUDIOS BASICOS EN *B. bassiana*

Fusión de protoplastos del entomopatógeno *Beauveria bassiana*.

Martha Cecilia Flórez M. 2:30 PM
Entomología. Serv. Prof.

Optimización de variables para la determinación del cariotipo electroforético de *Beauveria bassiana*

Clara Mercedes Fernández H. 2:45 PM
Entomología U.Nal. Bogotá

Caracterización molecular de cepas de *Beauveria bassiana* mediante PCR-RFLP

Gabriel Mario Saldarriaga 3:00 PM
Cenicafé-Serv. Prof.

RECESO

3:15 PM

Obtención y selección en laboratorio de cultivos monoespóricos de *B. bassiana*.

Diseño y construcción de un sistema separador de esporas de *Beauveria bassiana*.

Diseño de formulaciones de esporas aéreas de *B. bassiana*.

Almacenamiento de hongos entomopatógenos mezclados con materiales de relleno para aplicación del suelo.

Actividad lipolítica y proteolítica de hongos entomopatógenos sobre *Hypothenemus hampei*.

Mecanismos de infección y cuantificación de la actividad enzimática de *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre *Hypothenemus hampei*.

Comparación de formulaciones de *B. bassiana* para el control de la broca del café en el suelo y su compatibilidad con fertilizantes.

RECESO

María Nancy Estrada V. 3:45 PM
Entomología

Jorge Andrés Montoya L. 4:00 PM
Cenicafé- U. Autónoma Mzles

Elena Velásquez S. 4:15 PM
Entomología

Patricia Marín 4:30 PM
Entomología-Serv. Profes.

Elsa María Giraldo C. 4:45 PM
Cenicafé-Serv.Prof.

Fernando Delgado B. 5:00 PM
Entomol. Conv. Colc. Cenicafé

Martha Gladys Bernal Uribe 5:15 PM
Entomología

5:30 PM

MODERADOR: SIAVOSH SADEGHIAN KH.

VIII. ENTOMOLOGIA - Continuación

ALTERNATIVAS PARA CONTROL DE BROCA

Efecto de nemátodos entomopatógenos sobre la broca del café en laboratorio.

Producción masiva de entomonemátodos en insectos en laboratorio.

Efecto de extractos proteicos de gramíneas y leguminosas sobre la biología de la broca del café

Caracterización parcial de una proteasa tipo Catepsin D de adultos de la broca del café.

Evaluación de inhibidores específicos contra amilasas digestivas de la broca de café.

Investigaciones sobre enzimas digestivas de la broca del café e inhibidores vegetales.

Juan Carlos López N. 6:00 PM
Entomología

Juan Pablo Molina Acevedo 6:15 PM
Entomología- U. Nacional Bogotá

María Teresa González 6:30 PM
Entomología

Diana Patricia Preciado R. 6:45 PM
Entomología - Serv. Prof.

Gustavo Adolfo Ossa O. 7:00 PM
Entomología - Serv. Prof.

Arnubio Valencia Jiménez 7:15 PM
Entomología - Serv. Prof.

MARTES 16 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: GABRIEL ALVARADO

IX. ENTOMOLOGIA - Continuación

CONTROL DE LA BROCA

¿Controla *Beauveria bassiana* la broca del café?"

Estudio de la distribución del ataque de la broca del café y aplicación de métodos de muestreo.

Francisco Javier Posada 8:00 AM
Entomología

Ramiro Ruiz C. 8:15 AM
Entomología – Serv. Prof

CONTROL DE LA BROCA CON PARASITOIDES

Programa de investigación con parasitoides.
Avances en la cría masiva de *Phymastichus coffea*.

Jaime Orozco H. 8:30 AM
Entomología

Capacidad superparasítica de *Prorops nasuta* sobre la broca en tres diferentes relaciones avispa: broca.

Omar Andrés Echeverri 8:45 AM
Entomología-U. Nacional-Palmira.

Desarrollo de dietas mejoradas y sistemas de cría de parasitoides de la broca del café.

Elsa Jeanneth Pérez López 9:00 AM
Entomología-Serv. Profes.

CONTROL DE LA BROCA CON INSECTICIDAS

Evaluaciones de insecticidas para el control de la broca del café.

Diógenes Villalba G. 9:15 AM
Entomología

ASPECTOS GENERALES CONTROL DE LA BROCA

Pautas para el manejo anual de la broca del café

Reinaldo Cárdenas M. 9:30 AM
Entomología

Aspectos claves en el manejo de la finca cafetera en relación con el control de la broca.

Alex E. Bustillo P. 9:45 AM
Entomología

RECESO

10:00 AM

IX. CRECIMIENTO, DESARROLLO Y FISILOGIA DEL CAFETO

Crecimiento vegetativo y reproductivo del cafeto en diferentes latitudes.

Jaime Arcila P. 10:30 AM
Fisiología Vegetal

Crecimiento y desarrollo del cafeto *C. arabica* L. en tres altitudes.

Beatriz E. Vélez A. 10:45 AM
Fisiología Vegetal

Identificación y caracterización de genes en la floración de *C. arabica* L. Var. Colombia.

Gloria C. Camayo Vélez 11:00 AM
Fisiología Vegetal

Investigaciones de fotosíntesis en café y especies Forestales

Juan Carlos López R. 11:15 AM
Fisiología – Serv. Prof.

Fotosíntesis a nivel de la planta completa de café.

Luis Fernando Gómez G. 11:30 AM
Fisiología Vegetal - U. Caldas

Actividad de enzimas fotosintéticas (PEPC, RUBISCO,

Yamel López F. 11:45 AM

PPDK y NAD-ME en hojas y frutos de café.

Fisiología Vegetal-Serv. Prof.

Fotosíntesis y asimilación del nitrógeno en la planta de café.

Néstor M. Riaño H. 12:00 AM
Fisiología Vegetal

MARTES 16 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: JORGE E. BOTERO E.

X. MANEJO DE CAFETALES

Resultados parciales de las investigaciones en caficultura orgánica.

Fernando Farfán 1:30 PM
Fitotecnia

Potencialidad para la adopción de la caficultura orgánica.

Claudia Muñoz 1:45 PM
Fitotecnia- Joven Investigador

Desarrollo y evaluación de estructuras biodegradables para almácigos de café.

Santiago Lleras 2:00 PM
Fitotecnia - Unv. Javeriana

Sombrío en cafetales	Jhon Jaime Arias Fitotecnia	2:15 PM
Determinación de la distancia entre barreras de plátano intercalado con café.	Argemiro Moreno Berrocal Fitotecnia	2:30 PM
Manejo de cafetales	José Néstor Salazar A. Fitotecnia	2:45 PM
Efecto de la densidad de siembra sobre la producción de las variedades Colombia y Caturra.	Alfonso Mestre M. Fitotecnia	3:00 PM
RECESO		3:15 PM

XI. INVESTIGACIONES EN SUELOS

Características físicas de los suelos y su relación con el uso, manejo y conservación. Suelos del departamento de Risaralda.	Senén Suárez V. Química Agrícola	3:45 PM
Determinación del nitrógeno disponible en las subestaciones de Cenicafé.	Fernando Franco Química Agrícola	4:00 PM
Determinación de NH ₄ y NO ₃ por reflectometría.	Federico Carrillo Química Agrícola	4:15 PM
Respuesta a la fertilización con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento vegetativo.	Eduardo Hernández Química Agrícola	4:30 PM
Intercambio de Mg-K y Ca en la solución del suelo-avances.	Miguel Cadena R. Química Agrícola U. Nal. Palmira	4:45 PM
Extracción y valoración del azufre disponible en suelos.	Beatriz Mejía Química Agrícola	5:00 PM
Servicio de análisis del laboratorio de Química Agrícola.	Martha Bibiana Escobar Química Agrícola	5:15 PM
RECESO		5:30 PM

MARTES 16 DE NOVIEMBRE MODERADOR: CARLOS ARIEL ANGEL

XII. COSTOS DE PRODUCCION

Estimación de la Función de Pérdida causada por la broca del Café (<i>H. hampei</i>)	Luz Stella Vallejo T. Economía	6:00 PM
Análisis económico de la respuesta del café a los fertilizantes.	Hernando Duque O. Economía	6:15 PM

XIII. INVESTIGACION PARTICIPATIVA

Evaluación participativa con agricultores del plan de muestreo EBEL para el diagnóstico de la infestación por broca.	Esther Cecilia Montoya R. Biometría	6:30 PM
Investigación participativa con agricultores en el departamento de Caldas.	Mauricio Salazar Echeverri Entomología-Serv. Prof.	6:45 PM

Investigación participativa con agricultores en el Depto. del Quindío.

Luis Fernando Aristizábal 7:00 PM
Entomología-Serv. Prof.

Investigación participativa con agricultores en el departamento de Risaralda.

Carlos Gonzalo Mejía 7:15 PM
Entomología

MIÉRCOLES 17 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: ALEX BUSTILLO PARDEY

XIV. MEJORAMIENTO GENÉTICO

Germoplasma de café y su evaluación para resistencia a broca en campo.

Hernando Cortina G. 8:00 AM
Mejoramiento Genético

Evaluación de antixenosis y antibiosis a broca bajo condiciones controladas.

Jesús H. Álvarez S. 8:15 AM
Mej. Genético- U.Nal. Palmira

Avances en la selección por la resistencia incompleta a la roya (MEG02.00).

Gabriel Alvarado A.. 8:30 AM
Mejoramiento Genético

Proyectos MEG01.00 (Selección por resistencia completa a la roya) y MEG03.00 (Selección por resistencia a la enfermedad de los frutos del café, CBD (*Colletotrichum kahawae*).

Germán Moreno R. 8:45 AM
Mejoramiento Genético

Informe preliminar sobre el muestreo en lotes comerciales de variedad Colombia

XV. ENFERMEDADES DEL CAFETO

Avances en las investigaciones en mancha de hierro. Etiología de la crespeta del cafeto.

Jairo E. Leguizamón C. 9:00 AM
Fitopatología

Algunos aspectos biológicos de *C. coffeicola*.

Homero Gonzalo Rengifo 9:15 AM
Fitopatología-U.Nal. Palmira

Métodos de transmisión de una enfermedad de origen viral en café.

Carlos Arturo Betancourth G. 9:30 AM
Fitopatología U. Caldas M.Sc.

Evaluación de los síntomas y del efecto de un virus sobre tres variedades de café cultivadas en Colombia.

María Helena Ocampo 9:45 AM
Fitopatología U. Caldas M.Sc.

RECESO

10:00 AM

Caracterización de monopoblaciones del nemátodo del nudo radical *Meloidogyne* spp.

Jenny C. Quintana R. 10:30 AM
Fitopatología-U. Javeriana

Formulación de *V. chlamyosporium* para el control de *Meloidogyne* spp.

Paula Agudelo M. 10:45 AM
Fitopatología U. Caldas

Evaluación de formulaciones con *B. bassiana* y *M. anisopliae* para el control de *Meloidogyne* spp.

Beatriz Elena Padilla H. 11:00 AM
Fitopatología U. Católica

Razas de roya del cafeto en Colombia.

Luis Fernando Gil V. 11:15 AM
Fitopatología

Manejo de las llagas del cafeto.

Bertha Lucía Castro C. 11:30 AM
Fitopatología

Evaluación y caracterización de aislamientos de *Trichoderma* antagonísticos a *R. bunodes*.

Avances en el uso de las endomicorrizas en los cultivos de café y musáceas.

Jenny C. Valencia A. 11:45 AM
Fitopatología U. Javeriana

Carlos Alberto Rivillas O. 12:00 M
Fitopatología

MIÉRCOLES 17 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: CARLOS OLIVEROS TASCÓN

XVI. AVANCES EN QUÍMICA INDUSTRIAL

Calidad del café cultivado en Colombia. Comparación de aromas.

Gloria Inés Puerta Q. 1:30 PM
Química Industrial

Estudio del contenido de ácidos clorogénicos en café.

Carolina Marín García 1:45 PM
Química Industrial U. Caldas

Metodología para la determinación de compuestos diterpénicos en café verde

Alba Ruth Rendón B. 2:00 PM
Química Industrial-Serv. Prof.

Determinación de clorofenoles y cloroanisoles en café almendra.

Luz Adriana Sanz Cardona 2:15 PM
Química Industrial

Cuantificación de ochratoxina A en café verde y tostado

Angela María Arango G. 2:30 PM
Química Industrial - Serv. Prof.

Cultivo de hongos tropicales sobre residuos de café

Carmenza Jaramillo L. 2:45 PM
Química Industrial Conv. ZERI

Producción de pectinas a partir de pulpa y mucilago de café.
Tratamiento de aguas residuales.

Nelson Rodríguez V. 3:00 PM
Química Industrial

RECESO

3:15 PM

Avances en análisis de flora anaerobia de un reactor para tratamiento de aguas residuales del café.

Claudia Marcela Pérez M. 3:45 PM
Química Industrial - Serv. Prof.

Sistema para el tratamiento de lixiviados de pulpa y mucilago, producidos en el BECOLSUB. Primera parte: Diseño, construcción y costos.

Diego A. Zambrano F. 4:00 PM
Química Industrial

Sistema para el tratamiento de lixiviados de pulpa y mucilago, producidos en el BECOLSUB. Segunda parte: Resultados preliminares y discusión.

Juanita Cárdenas C. 4:15 PM
Química Industrial - U. La Sabana

Investigaciones en tratamiento de aguas y aprovechamiento de subproductos de café.

María Teresa Dávila 4:30 PM
Química Industrial

XVII. INDUSTRIALIZACIÓN DEL CAFÉ

Interacción aleloquímica de frutos de caféto (*Coffea* spp) y la broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari) 1887. Crioconcentración de extractos obtenidos a partir de café perforado por broca.

Américo Ortiz Perdomo 4:45 PM
Industrialización

José Jaime Castaño C. 5:00 PM
Industrialización

Caracterización granulométrica del café tostado y molido colombiano

Ricardo Alonso Guevara B. 5:15 PM
Industrialización - U. Nal. Mzles

RECESO

5:30 PM

MIÉRCOLES 17 DE NOVIEMBRE
MODERADOR: ESTHER CECILIA MONTOYA R.

Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de café

Carlos Evelio Buenaventura 6:00 PM
 Industrialización - Fund. Univ. América

Sistema de congelación rápida individual «IQF» (Individually Quick Freezing) de mora.

Luz Mary Montes R. 6:15 PM
 Industrialización - U. Nal. Mzles

Obtención de etanol a partir de la fermentación del plátano maduro.

Beatriz Elena Valdés D. 6:30 PM
 Industrialización - U. Nal. Mzales

Caracterización de cafés tostados provenientes de cafés excelsos, cafés brocados y mezclas industriales. Índice de control para los procesos.

Campo Elías Riaño L. 6:45 PM
 Industrialización

Determinación de la actividad enzimática de la polifenol-oxidasa de café verde.

Juan Carlos Muñoz T. 7:00 PM
 Industrialización - U. América

Café orgánico: Caracterización, torrefacción, enfriamiento y almacenamiento

Andrea del Pilar Macías 7:15 PM
 Industrialización - U. América

Obtención de etanol a partir de la borra del café

Roberto Arturo Agudelo A. 7:30 PM
 Industrialización - U. Nal. Mzles

Extracción y recuperación de volátiles de café por destilación extracción simultánea

Ingrid Eliana Suárez H. 7:45 PM
 Industrialización - U.Nal. Mzles

JUEVES 18 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: AMERICO ORTIZ P.

XVIII. COSECHA Y POSTCOSECHA

AVANCES EN DESPULPADO

Desarrollo de una máquina despulpadora con tolerancia a objetos duros.

Edgar Alfonso Salazar Marín 8:00 AM
 Ing. Agrícola - Serv. Prof.

Rediseño de una despulpadora de café.

Andrea Ardila Giraldo 8:15 AM
 Ing. Agrícola - Serv. Prof.

Estudio de las variaciones de las corrientes generadas en las despulpadoras Utilizando técnica de tratamiento de señales y reconocimiento de patrones para para la detención de objetos duros.

Diego Agudelo Gómez 8:30 AM
 Ing. Agrícola - U. Nal. Mzles

Estudio de la sobrecarga eléctrica por la presencia de objetos duros para el desarrollo de dispositivos protectores de despulpadoras.

Pablo Andrés Muñoz 8:45 AM
 Ing. Agrícola - U. Nal. Mzles

AVANCES EN BENEFICIO ECOLÓGICO DEL CAFÉ

Rediseño estructural del módulo BECOLSUB 300

Juan Daniel Buenaventura A. 9:00 AM
 Ing. Agrícola - U. Autónoma Mzles

Manejo de las mieles generadas en la tecnología BECOLSUB para la disminución del impacto ambiental por los lixiviados.

Luis Hernando Narváez Morales 9:15 AM
 Ing. Agrícola - U. Nariño

Estimación de los costos del beneficio mediante el BECOLSUB 600 y 1000 móvil y el tradicional

César Augusto Ramírez Gómez 9:30 AM
 Ingeniería Agrícola

AVANCES EN SECADO DE CAFÉ

Aprovechamiento de la energía calórica no utilizada en las estufas campesinas para el secado mecánico de café.

RECESO

Optimización del proceso de secado de café mediante la implementación del secado mecánico en carros secadores.

Evaluación de los modelos de simulación matemática de secado de Michigan y Thompson.

Secado con gas. Empleo del tanque sifón en el beneficio ecológico del café.

AVANCES EN COSECHA MANUAL ASISTIDA DE CAFÉ

Planteamiento y evaluación preliminar de un método mejorado para la recolección manual del café.

Evaluación de dos métodos de asistencia manual para la recolección de café cereza

Desarrollo de un dispositivo neumático semiestacionario para agilizar la recolección manual de café en cereza.

Concepción de una herramienta manual para asistir la recolección de café en Colombia.

JUEVES 18 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: ORLANDO GUZMAN M.

XVIII. COSECHA Y POSTCOSECHA - Continuación

AVANCES EN COSECHA MECANIZADA DE CAFÉ

Análisis de la respuesta dinámica de frutos y ramas sometidos a vibraciones unidireccionales inducidas por servosistemas.

Cosecha con la aplicación de impacto a los frutos. Avances en Central de Beneficio de Anserma y evaluación del módulo compacto PENAGOS.

Construcción de un vibrador sónico para la cosecha de café.

Desarrollo y evaluación de un dispositivo para la cosecha mecánica del café, de vibración circular al tallo.

Diseño, construcción y evaluación de un dispositivo para la cosecha mecánica del café, por vibración multidireccional al tallo.

Diseño e implementación de un sistema de control automático para un vibrador del tallo del café.

Estudio del principio de vibración de múltiples puntos del tallo.

RECESO

Cosechador de café por vibración del follaje "COVAUTO"

Diana Goretty Martínez Tovar 9:45 AM
Ing. Agrícola - Comité Quindío

10:00 AM

Erika Espinosa A. 10:30 AM
Ing. Agrícola - Serv. Prof.

Alfonso Parra Coronado 10:45 AM
Ing. Agrícola - Año Sabático

Jairo Rafael Alvarez Hernández 11:00 AM
Ingeniería Agrícola

Juan Carlos Vélez Zape 11:15 AM
Ing. Agrícola - Serv. Prof.

María Isabel Ramírez Anaya 11:30 AM
Ing. Agrícola - Joven Investigador

Francisco Palencia López 11:45 AM
Ing. Agrícola - U. Tecn. Pereira

Diego Londoño Huertas 12:00 M
Ing. Agrícola - U. Valle

César Augusto Alvarez Vargas 1:30 PM
Ing. Agrícola - Univ. Autónoma

José Alvarez Gallo 1:45 PM
Ingeniería Agrícola

Gonzalo Roa Mejía 2:00 PM
Ingeniería Agrícola

Carlos Mario Ramírez Vélez 2:15 PM
Ing. Agrícola - U. Nal. Medellín

Jair Javier Granja Fernández 2:30 PM
Ing. Agrícola - Serv. Prof.

John Harvey Henao Sepulveda 2:45 PM
Ing. Agrícola - U. Nal. Medellín

Iván Darío Aristizábal Torres 3:00 PM
Ing. Agrícola - Serv. Prof.

3:15 PM

Fernando Alvarez Mejía 3:45 PM
Ing. Agrícola - U. Nal. Medellín
Año Sabático

Implementación de un sistema automático para el registro y el análisis espectral de las vibraciones generadas en los agitadores del COVAUTO. Cosecha del café por la aplicación de impacto a las ramas.

Efecto de la aplicación de acelerantes de la maduración en la fuerza del desprendimiento.

Caracterización de frutos maduros de café mediante visión artificial

Ubicación espacial del fruto de café usando visión estereoscópica artificial en condiciones de laboratorio.

Cosecha de café con aire utilizando aspiración

Evaluación de batidores mecánicos en la cosecha de café. El BECOLSUB 100.

Andrés Felipe Salazar Rivera 4:00 PM
Ing. Agrícola - U. Nal. Mzles
Eduard Alberto García Galeano 4:15 PM
Ing. Agrícola - U. Nal. Medellín

Juan Carlos Ramos Grisales 4:30 PM
Ing. Agrícola - Serv. Prof.

Edwin Octavio Gómez González 4:45 PM
Ing. Agrícola - Serv. Prof.

Carlos Ignacio Torres Londoño 5:00 PM
Ing. Agrícola - Serv. Prof.

Pablo Ignacio Campillo Orozco 5:15 PM
Ing. Agrícola - Joven Investigador

Carlos E. Oliveros T. 5:30 PM
Ingeniería Agrícola

VIERNES 19 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: JAIME ARCILA P.

XIX. INVESTIGACION ADAPTATIVA

Avances de la investigación en caucho, cítricos y maracuyá.

Bromatología de la naranja Valencia, producida en dos rangos altitudinales.

- Análisis económico del sistema macadamia-café.
- Avances en la investigación en macadamia.

Estudios biológicos de *Rosellinia pepo*, causante de la llaga estrellada en macadamia.

- Comportamiento del plátano híbrido FHIA-21.
- Avances en el sistema de almácigos.

Transferencia de tecnología y normalización de frutas.

Avances en la caracterización de mango, melón y aguacate.

Uso de los subproductos del maracuyá y otras frutas procesadas, en la alimentación de cerdos durante la fase de engorde.

RECESO

Avances en la investigación en ganadería.

Efecto de la *Euphorbia lancifolia*, como suplemento alimenticio en ganado de leche.

J. Arthemo López R. 8:00 AM
Programa ETIA

Rocío del Pilar Pineda S. 8:15 AM
U. de La Salle.

Clemencia Villegas G. 8:30 AM
Programa ETIA

Carmen Eliana Realpe O. 8:45 AM
Programa ETIA- U.Caldas M.Sc.

Francisco Grisales L. 9:00 AM
Programa ETIA

María Cristina Chaparro 9:15 AM
Programa ETIA

Claudia Rocío Gómez P. 9:30 AM
Programa ETIA

Adriana Garavito R. 9:45 AM
Programa ETIA-Joven Investigador

10:00 AM

María Cristina Cardona B. 10:30 AM
Programa ETIA

Diana María Dávila B. 10:45 AM
Programa ETIA - UDCA

XX. BIODIVERSIDAD

Cría en cautiverio de la guagua *Agouti paca*, en zona cafetera.

Reconocimiento de insectos y arácnidos, en 7 especies forestales, durante la fase de vivero.

Avances en la invest. sobre procedencias y progenies de dos especies forestales de alto valor comercial.

Conservación de recursos genéticos forestales en la región Andina.

Silvicultura de especies forestales tropicales de alto valor comercial para la reforestación industrial.

VIERNES 19 DE NOVIEMBRE MODERADOR: GONZALO ROA M.

XX. BIODIVERSIDAD - Continuación

Reconocimiento e identificación de hongos y bacterias en *Cattleyas* Colombianas.

Reconocimiento e identificación de virus y plagas en *Cattleyas* Colombianas.

Estudios básicos del picudo de los cítricos, *Compsus* sp.

El cafetal amigable con las aves

Las colecciones de insectos: una alternativa para conocer la biodiversidad.

XXI. SISTEMA ADMINISTRACION FINCAS CAFETERAS (SIAF)

Sistema integrado de administración de fincas cafeteras por computador versión 1.3

XXII. INFORME DE ACTIVIDADES 98/99 DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

RECESO

XXIII. INFORME DE LA DIRECCIÓN

Lina Marcela Bonilla T. 11:00 AM
Programa ETIA-U. de La Salle

Heibar Mauricio Oliveros D. 11:15 AM
Programa ETIA –U. Nariño

Raúl Jaime Hernández R. 11:30 AM
Programa ETIA

Carlos Mario Ospina P. 11: 45 AM
Programa ETIA

Carlos José Espinal O. 12:00 M
Programa ETIA-Serv. Prof.

Masanobu Tsubota 1:30 PM
Fitopatología – Conv. Cenicafé-Colc.

Carlos Ariel Angel 1:45 PM
Fitopatología – Joven Investigador

Diana María Cano 2:00 PM
Entomología-Joven Investigador

Jorge E. Botero Echeverri 2:15 PM
Entomología-Serv. Prof.

Zulma Nancy Gil Palacio 2:30 PM
Entomología – Conv. Cenicafé U.Nal.
Medellin

Luis Michel Prieto T. 2:45 PM
INSOFT LTDA

Luis Carlos Carmona López 3:00 PM
Depto. Administrativo

3:15 PM

Gabriel Cadena Gómez 3:45 PM
Dirección

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

Las horas serán de 8:00 a.m. a 11:00 a.m. Programa EIA-1 de la 2da...

Programa EIA-1 de la 2da... de la 2da...

Programa EIA-1 de la 2da... de la 2da...

Programa EIA-1 de la 2da... de la 2da...

Programa EIA-1 de la 2da... de la 2da...

Programa EIA-1 de la 2da... de la 2da...

VIERNES 19 DE NOVIEMBRE

MODERADOR: JAIME ARCILA P.

AVIA... 7:30 PM

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

MODERADOR: GONZALO RDA M.

MODERADOR: GONZALO RDA M.

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

... y en el momento de la presentación de los trabajos...

Cenicafé
Revista del
Centro Nacional de Investigaciones de Café
Pedro Uribe Mesa

INTRODUCCIÓN



En desarrollo de las estrategias institucionales que tienen como visión trabajar por la sostenibilidad y competitividad de la caficultura colombiana, CENICAFE durante el año cafetero 98-99, llevó a cabo más de 400 proyectos y experimentos localizados en 917 sitios diferentes de la geografía cafetera nacional. Del total de las investigaciones, el 63,4% se realizaron en las subestaciones experimentales, un 11,3% en fincas de caficultores y el 25,3% en su sede principal.

Como resultado de dichas investigaciones se publicaron 36 artículos en la Revista Cenicafé, 20 en otras revistas nacionales e internacionales, se presentaron 164 ponencias en congresos, se sustentaron 17 tesis de grado por parte de estudiantes que realizaron sus investigaciones en Cenicafé, se distribuyeron 19 Avances Técnicos, 4 Boletines Técnicos y se publicó un libro en el cual se compila todos los adelantos técnicos en materia de beneficio ecológico del café.

A cargo de los investigadores de Cenicafé se orientaron 43 trabajos de investigación por parte de estudiantes universitarios, pertenecientes a universidades de todo el país, lo cual constituye una contribución muy valiosa para el sector cafetero, dado que cada estudiante aporta resultados de utilidad para los caficultores y además, se ayuda a la formación de mejores profesionales para el País.

Los indicadores de gestión de Cenicafé, permiten concluir que en promedio en el año cafetero se alcanzó el 58% de los objetivos y el 82% del cronograma de las actividades propuestas.

En las 18 subestaciones regionales se establecieron 75 nuevos experimentos, se finalizaron 30 y hay 416 experimentos vigentes. En dichas subestaciones se atendieron 18099 caficultores que recibieron capacitación por parte de los investigadores de Cenicafé, en coordinación con los servicios de extensión departamentales. El área total ocupada por los experimentos en las subestaciones fue de 638,4 hectáreas.

Se iniciaron las actividades de Investigación Participativa con un total de 113 caficultores en tres departamentos y orientadas básicamente a la adopción del Manejo Integrado de la Broca. Esta experiencia, seguramente servirá para conocer en forma práctica cómo realizar esta actividad en el futuro, con otros temas y buscando la adopción temprana de las tecnologías generadas por Cenicafe.

Atendiendo las directrices del gremio cafetero, CENICAFE le ha dado especial prioridad a las investigaciones orientadas a reducir los costos de producción. En ese orden de ideas, se destacan los siguientes resultados obtenidos en este año cafetero:

- Se terminó el **Estudio sobre Tiempos y Movimientos de la Cosecha Manual del Café**. Este es un estudio original, realizado con las metodologías actualizadas para conocer la forma como se realizan las operaciones de la cosecha del café, los tiempos empleados y la eficiencia, eficacia y calidad del trabajo. Con los resultados se realizó además una investigación basada en una propuesta innovativa no solo sobre la organización del trabajo y el mejor empleo del tiempo sino además se propuso una modificación en el diseño del recipiente utilizado desde hace más de un siglo por los recolectores de café en el país. Los resultados mostraron que con los cambios propuestos **se redujeron las pérdidas de frutos en un 36%, se mejoró la calidad en un 1,6%, la eficacia aumentó en un 0,6% y el tiempo invertido en la cosecha por árbol disminuyó entre el 15 y el 36,8%, respecto del método tradicional.**

- Se entregó el **MODULO BECOLSUB 100**. La tecnología BECOLSUB ha alcanzado reconocimiento a nivel nacional e internacional. Los programas de fomento a la adopción del BECOLSUB, realizados a través del Servicio de Extensión han logrado que cada día un mayor número de caficultores se beneficien de las ventajas ecológicas y económicas que les ofrece esta tecnología. El **BECOLSUB 100** con un rendimiento de 90 a 100kg de café cereza por hora, fue diseñado por

CENICAFE para atender a la gran mayoría de los caficultores colombianos que producen anualmente entre 380 y 640 @ de café pergamino seco por año. Es un equipo de bajo costo, alta eficiencia, fácil manejo y móvil. Los planos para la fabricación de este equipo ya fueron entregados a los talleres metalmecánicos autorizados.

- En relación con la **reducción de costos de la cosecha de café, se terminaron 11 experimentos y se iniciaron 13 nuevos**, que incluyen temas sobre las propiedades físicas, mecánicas y características fisiológicas del árbol, cosecha manual asistida y mecanización de la cosecha. Se destacan los estudios sobre visión artificial para desarrollar la cosecha selectiva (sólo frutos maduros), la construcción de prototipos de cosechadoras mecánicas, así como también el mejoramiento de la cosecha manual mediante el rediseño del recipiente y el empleo de mallas plásticas en el suelo. También se iniciaron investigaciones tendientes al rediseño de la despulpadora de café.

- Con el fin de conocer el nivel de resistencia a la roya del cafeto de la variedad Colombia, bajo condiciones de cultivos comerciales, se diseñó un sistema de muestreo cualitativo para realizarlo por parte de los técnicos del Servicio de Extensión en todos los departamentos cafeteros. Analizados los resultados obtenidos en 6 departamentos, (Antioquia, Caldas, Nariño, Norte de Santander, Quindío y Tolima), en donde se muestrearon 836 fincas de 43 municipios, se encontró un porcentaje promedio de incidencia de la enfermedad del 20,9% pero con tan solo un 0,5 de severidad. Esto quiere decir que en la población de variedad Colombia analizada, el 76,6% de las plantas expresan resistencia completa, el 20,3% resistencia incompleta y solo el 3,1% de las plantas manifiestan susceptibilidad a las razas de la roya. Se concluye que la **variedad Colombia, después de 20 años de estar siendo cultivada comercialmente, aún posee resistencia durable a la roya y que por tanto, no se justifica ni se necesita el control químico de la enfermedad, lo cual contribuye significativamente a la productividad cafetera y a la reducción de los costos de producción.**

• Con el fin de contribuir a la generación de conocimientos y tecnologías orientadas al manejo integrado de la broca del café, se adelantaron 39 experimentos a cargo de la Disciplina de Entomología. Se encontró que **durante la cosecha se retira del cafetal hasta el 74% de los estados biológicos de la broca** que había antes de iniciar el proceso. En los **frutos caídos en el suelo se queda una población de broca que representa entre el 4,6 y el 12,4%**, de la población total de la broca. Los mayores escapes de la broca ocurren durante el secado. Con el secado mecánico se controla el 100% de las brocas vivas presentes en el café pergamino. Se comprobó la compatibilidad *invitro* de formulaciones del hongo *Beauveria bassiana* con los fertilizantes (excepto el superfosfato triple). Se produjeron 14.265.038 adultos del parasitoide *Phymastichus coffea*. Este parasitoide puede parasitar a la broca en estado adulto en las posiciones A, B, C o D, respecto al grano, pero su acción disminuye a medida que la broca penetra. En el presente período se liberaron 282.695.565 avispidas de la especie *Cephalonomia stephanoderis* y 89.936.000 de *Prorops nasuta*. Se demostró la eficiencia de este parasitoide para el control de la broca en proporciones de 3 avispidas por fruto brocado. Se lograron avances en el desarrollo de la dieta artificial para reducir el costo de la producción de los parasitoides. Se iniciaron investigaciones con nematodos patógenos de la broca.

• Con el fin de contribuir a la toma de decisiones respecto a la localización del cultivo del café en el País, así como su relación con la cantidad y calidad de la cosecha y su relación con la broca del café, se continuaron las investigaciones sobre desarrollo vegetativo y productivo en diferentes altitudes y latitudes. Se presentan resultados obtenidos en tres alturas (1000; 1400 y 1900 msnm.) y en 15 localidades cafeteras (1-10° LN).

• En relación con el manejo agronómico del café se comprobó que el **número ideal de chupones dejados por zoca, depende del número inicial de plantas**. Así si se tienen 2500 zocas, se deben seleccionar tres chupones por planta. Si la

densidad es de 5000 zocas la recomendación es dejar dos chupones por planta y si la densidad es mayor, se debe seleccionar solo un chupón.

• Respecto a la **disminución de los costos en la etapa de establecimiento**, se comprobó una vez más que lo importante es el número de plantas por hectárea, pero que sembrando dos chapolas desde el almácigo o descopando la yema terminal en el almácigo con 5000 sitios por hectárea, se obtienen producciones similares que sembrando 10000 plantas (una por sitio), **con una disminución del 40% en los costos**.

• En ensayos adelantados en la Subestación Experimental del Cauca se comprobó que es factible sembrar hasta 160000 plantas de frijol por ha. intercaladas con el café en la etapa de levante durante dos ciclos productivos, contribuyendo a los ingresos de los caficultores.

• Se comprobó la factibilidad de utilizar **estructuras biodegradables para los almácigos** de café, aumentando la eficiencia en la siembra y contribuyendo a la protección del medio ambiente.

Finalmente, se deben destacar dos hechos importantes en relación con las actividades de CENICAFE:

El primero tiene que ver con la publicación del **volumen 50 de la REVISTA CENICAFE**. Este hecho es especialmente significativo, porque la presencia de esta Revista, reconocida nacional e internacionalmente, representa una contribución muy importante de los investigadores de Cenicafé, al desarrollo científico y tecnológico de Colombia. La Revista Cenicafé fue fundada en el año de 1949 y desde entonces y sin interrupción ha servido para entregar a los caficultores colombianos, al Servicio de Extensión y a todas las personas interesadas en los temas científicos del café, una información actualizada, de gran calidad que debe ser orgullo de Colombia.

El segundo hecho a destacar fue el reconocimiento por parte de COLCIENCIAS a **Cenicafé como**

Centro de Excelencia en materia de investigación. En convocatoria nacional, para la constitución del Escalafón Nacional de Centros y Grupos de Investigación - 1998, CENICAFE presentó la evaluación más alta y fue reconocido por haber **"demostrado a través de sus 60 años de actividades de investigación un alto nivel de pertinencia, calidad, estabilidad, visibilidad y productividad científica"**.

Este reconocimiento nos compromete aún más con el gremio cafetero y sus dirigentes que desde su organización en la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, han sabido valorar lo que

representa para la industria el poder contar con un Centro de Investigaciones que genere la tecnología y el conocimiento necesario para ser competitivos a nivel mundial.

Gabriel Cadena Gómez
Director

Chinchiná, Noviembre 19 de 1999

RESOLUCION No. 610

Por la cual se reconoce la Excelencia de un Centro de Investigación

EL DIRECTOR GENERAL DEL INSTITUTO COLOMBIANO PARA EL DESARROLLO DE LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA "FRANCISCO JOSE DE CALDAS" COLCIENCIAS

En ejercicio de sus facultades legales, especialmente las conferidas por el numeral 7 del Decreto Extraordinario 385 de 1991 y

CONSIDERANDO:

Que de conformidad con lo dispuesto el artículo 8 de la Ley 29 de 1.990, en concordancia con el numeral 8 del artículo 19 del Decreto extraordinario 585 de 1.991, compete a COLCIENCIAS otorgar distinciones a aquellas Instituciones sobresalientes en el campo de la Investigación Científica.

Que el "Centro Nacional de Investigaciones del Café - CENICAFE", ha demostrado a través de sus 60 años de actividades de investigación un alto nivel de pertinencia, calidad, estabilidad, visibilidad y productividad científica.

Que en la convocatoria para la Constitución del Escalafón Nacional de Centros y Grupos de Investigación -1.998, presentó la evaluación más alta.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO: - Reconocer al "Centro Nacional de Investigaciones del Café - CENICAFE" el carácter de **Centro de Excelencia** en materia de investigación.

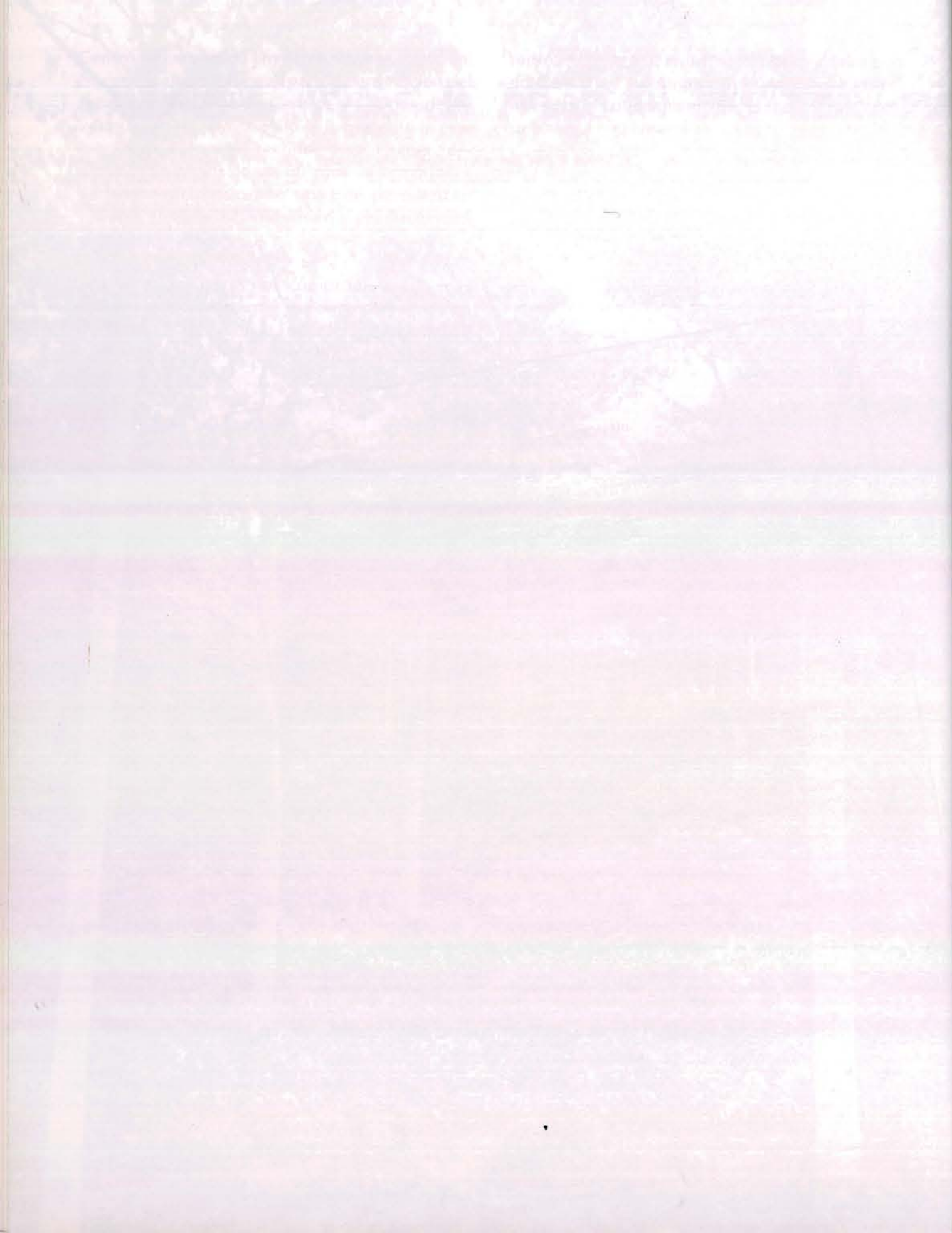
ARTICULO SEGUNDO: - La presente Resolución rige a partir de la fecha de su expedición.

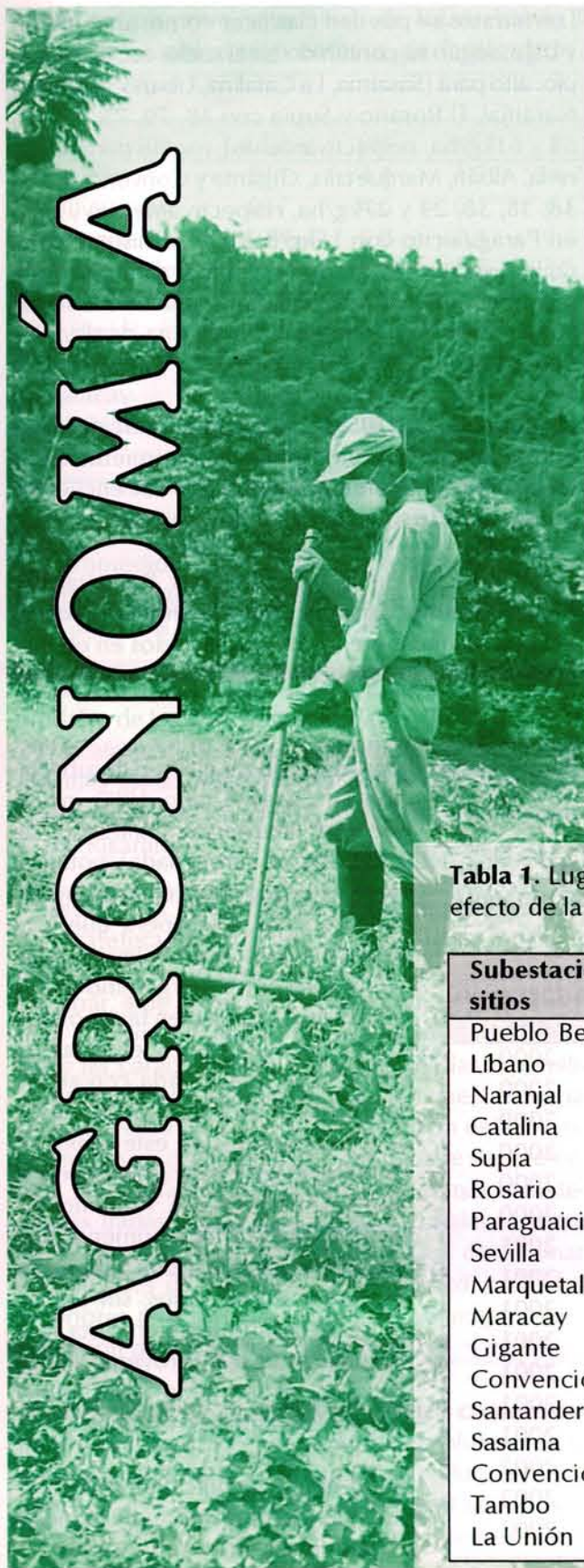
Notifíquese y cúmplase:

Dada en Santa Fe de Bogotá, D.C. a los 27 SET. 1999

ALVARO MENDOZA ARANGO
Director General







QUÍMICA AGRÍCOLA

De los resultados que se han obtenido hasta la fecha se debe destacar lo siguiente:

Experimento QAG 0507: "Fertilización de café con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento reproductivo". En el año de 1999 se cumplió con la meta de instalar todo el experimento en las 17 subestaciones de Cenicafé (Tabla 1).

Para dicho experimento se estandarizaron los métodos de análisis de laboratorio y campo para la determinación de amonio y nitratos en suelos. Se iniciaron los análisis de amonio y nitratos en los suelos de las subestaciones antes citadas, con el propósito de calibrar la metodología de campo, la cual pretende utilizarse en el futuro. Esta metodología es práctica, "limpia" y no implica riesgos que alteren el contenido de nitrógeno por el tiempo transcurrido entre la toma de la muestra y el análisis de la misma. Se detectó un mayor contenido de

Tabla 1. Lugares donde se instalaron los ensayos para medir el efecto de la fertilización con nitrógeno y potasio.

Subestación sitios	Códigos iniciación	Mes	Año
Pueblo Bello	020	agosto	1998
Líbano	009	noviembre	1998
Naranjal	012	diciembre	1998
Catalina	026	enero	1999
Supía	008	mayo	1999
Rosario	005	junio	1999
Paraguaicito	007	junio	1999
Sevilla	003	julio	1999
Marquetalia	027	julio	1999
Maracay	002	julio	1999
Gigante	011	julio	1999
Convención	017	agosto	1999
Santander	014	septiembre	1999
Sasaima	006	septiembre	1999
Convención	017	septiembre	1999
Tambo	019	septiembre	1999
La Unión	018	noviembre	1999

amonio y nitratos con la metodología de laboratorio. Se superaron las interferencias en la lectura con el método de campo (RQ-flex) causadas por el extractante utilizado, KCl. Se encontró que el agua o el ácido sulfúrico son los extractantes más apropiados. Se determinó la repetibilidad de los procedimientos y el error en la determinación así:

- Para la lectura de nitratos sobre una misma muestra: St. Dv= 3,32ppm sobre un promedio de 45ppm en cincuenta determinaciones. Para la lectura de amonio en esta misma serie St. Dev. De 0,152 con un promedio de 0,68ppm. Datos entre 0,4 a 1,0ppm. Para lecturas en pares de datos (duplicados) de la misma muestra. n=50, con promedios en la primera serie de 29,68 y 31,96 para la segunda serie. Con un coeficiente de correlación de 0,931. El promedio de la diferencia de cada uno de los pares fue: 2,28ppm para nitratos.

El amonio, con excepción del encontrado en la subestación La Trinidad (15ppm, 30kg/ha), es considerado bajo para todos los suelos, menor de 4ppm, 8kg/ha.

Tabla 2. Lugares de experimentación sobre la respuesta del café en etapa de crecimiento vegetativo a la fertilización con nitrógeno y potasio.

Subestación	Códigos sitios	Iniciación		Terminación
		Mes	Año	Año
Gigante	011	febrero	1997	2000
Naranjal	012	marzo	1997	2000
La Catalina	026	abril	1997	2000
Pueblo Bello	020	mayo	1997	2000
Sevilla	003	junio	1997	2000
Santander	014	julio	1997	2000
Líbano	009	diciembre	1997	2001
Maracay	002	diciembre	1997	2001
La Unión	018	febrero	1998	2001
Rosario	005	mayo	1998	2001
Marquetalia	027	junio	1998	2001
Paraguaicito	007	octubre	1998	2001
Albán	010	diciembre	1998	2001
Sasaima	006	septiembre	1999	2002
Convención	017	octubre	1999	2002
Tambo	019	diciembre	1999	2002

Los nitratos se pueden clasificar como: alto, medio y bajo, según su contenido en el suelo, así, por Ejemplo: alto para (Sasaima, La Catalina, Líbano, Maracay, Naranjal, El Rosario y Supía con 88, 79, 75, 71, 70, 64 y 61kg/ha, respectivamente); medio para (La Sirena, Albán, Marquetalia, Gigante y Convención con 38, 38, 38, 29 y 27kg/ha, respectivamente) y bajo en Paraguaicito con 15kg/ha). De la misma manera, la respuesta en la producción de café se espera sea diferente con respecto a la aplicación de los fertilizantes nitrogenados en cada una de estas localidades.

Experimento QAG0508: "Fertilización del café con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento vegetativo en la zona cafetera colombiana". Se encuentra instalado en 16 subestaciones de Cenicafé. Tabla 2.

Con excepción de las subestaciones, Paraguaicito, Albán, Sasaima, Convención y el Tambo que cuentan con un año o menos de establecidos en el campo, las demás subestaciones están en su etapa de producción.

Para 9 meses de producción de café en la subestación La Catalina, año 1999, no se encontró diferencia significativa de la fertilización nitrogenada y potásica, sobre la producción de café pergamino seco/ha. Se espera que esta tendencia se conserve. Igualmente, la relación cereza/pergamino seco y la medida de calidad en taza no mostraron diferencias. La explicación puede estar relacionada con el alto contenido de N total y disponible, y de K encontrados en este suelo, así como las características físicas excelentes de estos suelos. Podemos esperar un ajuste en la recomendación actual de fertilización con base en los resultados encontrados; sin embargo, es necesario esperar hasta la finalización de este proyecto en los sitios del experimento para tomar una decisión final al respecto.

Hubo efecto significativo entre bloques ubicados en terrenos planos y en pendiente, al nivel de $p > 0,0001$.

Tabla 3. Composición química de los suelos de las subestaciones donde se establecieron ensayos de fertilización con nitrógeno y potasio.

Subestación	Códigos	pH	MO	P	K	Ca
Gigante	011	4,4	4,7	24,2	0,3	1,5
Convención	017	4,6	6,1	1,3	0,2	0,2
Santander	014	5,0	7,4	9,5	0,3	2,6
Pueblo Bello	020	5,5	8,5	3,5	0,6	8,6
La Unión	018	5,1	9,2	16,0	0,5	3,1
Sevilla	003	4,9	10,1	18,6	0,2	2,0
La Catalina	026	5,3	10,4	12,9	0,8	4,3
Maracay	002	4,9	10,5	7,2	0,6	2,2
Naranjal	012	5,0	12,8	10,5	0,2	0,8
Líbano	009	4,7	17,5	5,6	0,5	3,9

Los promedios encontrados por subestación de los distintos elementos estudiados en el experimento QAG0508, se observan en la Tabla 3.

QAG 0201: "Caracterización física de los perfiles modales de las principales unidades de suelos de la zona cafetera". Se registra el estudio sobre las condiciones físicas relacionadas con el uso, manejo y conservación de los suelos: suelos del departamento de Risaralda.

Se estudiaron 16 perfiles de suelos de Risaralda del área cafetera, distribuidos de la siguiente forma: 6 perfiles de la unidad Chinchiná, 2 de la unidad Malabar, 4 de la unidad Parnaso y uno de cada unidad, Catarina, Pulpito, Puente Humbría y Belén. Entre las características físicas estudiadas, se analizaron en detalle aquellas que tienen que ver con la productividad del suelo y la producción del cultivo, resumidas en el concepto de volumen de suelo efectivo. Sin embargo, las mismas y las demás características dadas sirven para calcular el balance hídrico, la curva de retención de humedad, determinar necesidades de drenaje y la estabilidad, todas las anteriores relacionadas con el uso, manejo y conservación de los suelos.

El volumen de suelo efectivo se utilizó como criterio de agrupamiento y comprende el volumen de la parte sólida (mineral y orgánica), el volumen de la parte porosa (ocupada por el aire y el agua), que sin impedimento alguno en el perfil puede llegar a

ser explorada por las raíces del cultivo. Se determinó la profundidad, la porosidad total y la retención de humedad a 1/3 de atmósfera, para cada uno de los horizontes en el perfil. Con esta información se formaron tres grupos análogos (de alta, media y baja productividad).

En el primer grupo hay facilidad para un buen desarrollo de raíces en el perfil; por ejemplo, perfiles de suelo en la subestación La Catalina. La aireación es alta y uniforme en el perfil (entre 33 y 22%), lo mismo es la retención de humedad (entre 38 y 50%) y la parte sólida baja (entre 29 y 32%), a una profundidad alta de 150cm. Se mantiene una buena aireación en épocas de exceso de lluvia y buena disponibilidad de agua en las épocas secas, con la ayuda de un mayor volumen de suelo explorado por un mayor volumen de raíces. Corresponde con la producción alta de café indicada, por encima de las 350@/ha. Los suelos encontrados en este grupo son los más representativos de Risaralda en cuanto a producción de café, en su mayoría de la unidad Chinchiná entre los 1300 y 1400msnm.

En el segundo y tercer grupo hay restricciones para un buen desarrollo de raíces, confinadas en el horizonte A, en razón de la falta de aire o alta pedregosidad en los horizontes subyacentes. Por ejemplo, en algunos Andisoles (Unidades Chinchiná y Malabar) e Inceptisoles y entisoles, respectivamente. El estimado de producción de café por debajo de 200 @ es consecuente con el volumen de suelo efectivo menor, comparado con el grupo 1. Cuando los inceptisoles y entisoles contienen algún grado de contaminación por cenizas volcánicas mejoran su productividad.

Relaciones entre la MO con las características físicas que componen el volumen de suelo efectivo. Se encontró mediante el análisis de regresión Stepwise (SAS) realizado para el horizonte A, de los 16 perfiles del estudio, que hay una relación muy estrecha entre la MO y la Da, Dr, la retención de humedad y la parte sólida del suelo. Resultó evidente el efecto de la MO sobre la estructura del

suelo y por tanto, sobre las características físicas determinantes de la productividad. La estructura frágil, que se rompe con el manejo inadecuado del suelo por compactación (maquinaria, ganado y lluvia directa sobre el suelo), o por el arado, aporques, construcción de caballones, entre otros, que actúan negativamente sobre ella, aun sin la pérdida de la MO por erosión. La productividad encontrada alta, media o baja de los suelos estudiados depende de la profundidad del horizonte A y de las limitaciones físicas (baja aireación, alta retención de humedad, estructura masiva o pedregosidad) de los horizontes subyacentes.

Experimento QAG0308. "Dinámica de cationes en el agua libre del suelo de algunos Andisoles de la zona cafetera central cultivados en plátano".

Estado del experimento en campo. En la Subestación Paraguaicito ya concluyó el experimento. En las Subestaciones de Marquetalia, Líbano y Maracay se está efectuando la recolección de la segunda cosecha. En Naranjal ya se ha iniciado la recolección de la cosecha del primer ciclo en la parcela fertilizada. Los datos evidencian las diferencias de fertilidad en las cinco unidades de suelo consideradas, que corroboran la caracterización de los perfiles representativos efectuada durante la primera fase de la investigación: Suelos desaturados y de baja fertilidad (CICE < 2 me/100g): unidades Chinchiná (Naranjal) y Fresno (Marquetalia); suelos de mediana fertilidad (CICE entre 2 y 4 me/100g): unidades Líbano (Líbano) y Montenegro (Maracay); y suelos de alta fertilidad (CICE > 4 me/100g): unidad Chinchiná (Paraguaicito).

La tendencia general no permite observar un efecto acidificante de la aplicación de urea y cloruro de potasio en el suelo en los horizontes Ap pero sí en los horizontes Bw, con disminución hasta de 0,5 unidades de pH.

En general los resultados muestran ligeros incrementos en el contenido de bases intercambiables al cabo de dos años de aplicación mensual continua de fertilizantes. El caso del magnesio es el más evidente, ya que los incrementos de Mg intercambiable en los horizontes Ap de las parcelas fertilizadas con relación a las parcelas testigo son observables en las cinco unidades.

Desarrollo de la planta y análisis foliar

- Un buen crecimiento de las plantas de plátano en la Subestación Paraguaicito, sin diferencias manifiestas entre la parcela testigo y la parcela fertilizada.
- Diferencias marcadas entre las parcelas testigo y fertilizada en Naranjal, Marquetalia, Líbano y Maracay, siendo las plantas fertilizadas las de mejor condición.

Comparando los niveles de nitrógeno observados en las diferentes localidades estudiadas y el nivel crítico propuesto por Lahav, se puede considerar que en ninguna de las subestaciones se presentan deficiencias de N en el tejido foliar, ni aún en las parcelas testigo, ubicadas en suelos con más bajo contenido de materia orgánica (la materia orgánica en los suelos estudiados varía entre 7 y 22%). Sin embargo, los contenidos más altos de N en las hojas se presentaron en las unidades con más de 12% de materia orgánica en el suelo (localidades Naranjal, Marquetalia y Líbano).

Con excepción de Paraguaicito, los contenidos de potasio presentan deficiencias en todas las unidades de suelo, y especialmente en Naranjal, donde son menores del 1,8%. En Paraguaicito, donde no se presentaron diferencias entre ambos tratamientos, el potasio foliar es generalmente más alto en el testigo que en la parcela fertilizada, contrario a lo que sucede en las otras unidades.

El magnesio se mostró deficiente en todas las parcelas testigo y en un nivel adecuado en las parcelas fertilizadas. Estos resultados indican que sí existe respuesta de la planta a la fertilización con magnesio.

Estudio de las aguas libres o gravitacionales

Las aguas colectadas tienen una composición catiónica con elementos como sodio, potasio, calcio y magnesio. El amonio está virtualmente ausente. En cuanto a los aniones, se encuentran en cantidades considerables cloruro y nitrato. El sulfato se presenta en concentraciones más bajas. Considerando todos los iones presentes en la solución del

suelo, las cantidades más altas de éstos se presentan en los períodos de mayor precipitación. De la misma manera, y con excepción de la unidad Chinchiná en Paraguaicito, hay un obvio incremento en la concentración de iones en solución como efecto de la aplicación de fertilizantes. Este incremento es generalmente mayor a 30cm de profundidad que a 100cm, lo que indica que la pérdida de elementos fertilizantes por lixiviación no es tan grande como se esperaba.

Se observa un proceso de acidificación en Naranjal, Marquetalia y Líbano por efecto de la fertilización. La aplicación de urea tiene un efecto acidificante en el agua gravitacional. La concentración de cloruros y nitratos aumenta con la fertilización potásica y nitrogenada, arrastrando los cationes básicos.

Proyecto QAG0314. "Relación del magnesio con el potasio, el calcio y el amonio en la interfase suelo derivado de cenizas volcánicas - raíces de plantas de café". Conocidos los resultados del primer muestreo de la solución del suelo, obtenida con un microlisímetro de polímero poroso (Rhizon Soil Moisture Sampler), en una zoca de café de dos años de edad, fertilizada con dosis diferenciales de Mg, K y Ca; se logró evidenciar al término del primer mes de hacer la aplicación simultánea de tres fuentes solubles ($MgSO_4(H_2O)$, KCl y $Ca(NO_3)_2(NH_4NO_3(10H_2O))$ que existen interacciones en la fase intercambiable entre los tres cationes en estudio, que inciden sobre la disponibilidad de estos en la solución del suelo.

Existe una evidente interacción entre la aplicación de la fuente fertilizante magnésica ($MgSO_4(H_2O)$) y la fuente fertilizante potásica (KCl). Una alta aplicación de cloruro de potasio (153,3g/arb.) y una dosis baja de sulfato de magnesio (21,3g/árbol), generan una disminución en la disponibilidad del magnesio en la solución del suelo con un valor medio de 9,29mg/L. Así mismo, si se suma la acción de una alta dosis de Ca (333,3g/árbol), proveniente de la fuente $Ca(NO_3)_2(NH_4NO_3(10H_2O))$ se registran concentraciones aún más bajas de Mg en la solución del suelo (8,8mg/L).

El ion Mg en la solución del suelo manifiesta una clara diferenciación de concentración a dos profun-

didades. A los 15cm de profundidad se registra una concentración media de 3,55mg/L, mientras que a 30cm se detecta una concentración de 2,00mg/L.

Un aspecto de singular interés corresponde al hecho de que las bajas aplicaciones simultáneas de las fuentes fertilizantes de Mg ($MgSO_4(H_2O)$), K (KCl) y Ca [$Ca(NO_3)_2(NH_4NO_3(10H_2O))$], correspondientes al tratamiento BBB; promueven las más altas concentraciones promedio de los iones Na^+ , K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} en la solución del suelo. La mayor disponibilidad de los cuatro cationes ha repercutido en las primeras observaciones de incrementos en las variables de crecimiento como es la altura, la longitud de las ramas y el número de nudos.

Trabajos exploratorios realizados en el laboratorio.

Determinación de azufre en suelos. Debido a la inquietud de los comités de cafeteros sobre la necesidad de trabajar con azufre en algunos suelos de la zona cafetera y por no contar con la metodología adecuada, se iniciaron trabajos exploratorios hacia encontrar una metodología de rutina para los análisis de servicio al caficultor. Se trabajó con relaciones de suelo - solución extractora, tiempo de agitación, valoración de sulfatos por cromatografía vs turbidimetría, y la utilización de diferentes agentes estabilizantes para el análisis por turbidimetría.

Se encontraron diferencias significativas entre las metodologías cromatografía y turbidimetría; sin embargo, ambas pueden ser utilizadas debido a que se encuentran dentro de los coeficientes de variación aceptables, menores del 10%. Dentro de los agentes estabilizantes utilizados en la técnica de turbidimetría, el que mejores condiciones presentó fue el PVP.

Al probar la metodología por turbidimetría, utilizando como agente estabilizante el PVP para el análisis de suelos, experimento QAG0508, se encontraron para las subestaciones de Maracay, Líbano y Gigante valores por debajo de 10ppm, considerado de bajo a muy bajo. Para La Unión y El Tambo se encontraron valores por debajo de 5ppm, considerados como muy bajos.

Determinación de amonio y nitratos en suelos

Se realizaron varias pruebas y entrenamiento del personal analista, con la finalidad de ajustar la metodología de análisis para amonio y nitratos, debido a que es muy crítico el análisis sobretodo en el momento de la titulación. Se vio la necesidad de contar con un titulador automático el cual será adquirido en un futuro próximo, el cual nos garantiza, entre otros, mayor calidad en los análisis. En muestras tomadas para el experimento QAG 0507 se encontraron valores medios de N-NH₄ (ug/g), 7,6 para Convención y 15,7 para Marquetalia. Para el N-NO₃ (ug/g), los valores medios fueron de 12,5 en Paraguaicito a 43,3 en Marquetalia.

Análisis de suelos, foliares y otros

El laboratorio continúa prestando el servicio de análisis a los usuarios de investigación, agricultores,

comités de cafeteros y cooperativas. Durante el año del presente informe se realizaron 19.127 determinaciones de análisis foliares, incluyendo componentes de la planta de café, lombricompuestos y análisis para otros cultivos. Se tuvo un incremento en el número de muestras analizadas del 221,75% con respecto al año anterior. Se recibieron 9.053 muestras de suelos para 81.214 determinaciones. Se incrementó el servicio de análisis en relación con el período anterior en un 89,2% para muestras y en un 101% para las determinaciones. También se incluyen los análisis especiales: agroquímicos (abonos, fertilizantes, oxicluros) y metales pesados (plomo, cadmio y mercurio).

FITOTECNIA

A continuación se presenta una relación de los experimentos que se están realizando en la Disciplina de Fitotecnia.

CODIGO	TITULO	UBICACION
FIT 0109	Estandarización del proceso de descomposición de la pulpa de café.	Cenicafé, Granja.
FIT 0204	Sistemas de obtención del número de plantas por sitio y su efecto en la producción de café.	Naranjal. Marquetalia. Huila. La Catalina. La Sirena. Líbano. Paraguaicito. Pueblo Bello. Santander. Consaca. La unión. Albán. Maracay. Convención. Santabárbara.

CODIGO	TITULO	UBICACION
FIT 0205	Influencia de un cultivo intercalado sobre la edad de trasplante del café.	Naranjal. La Sirena. Sta. Bárbara Líbano Consacá Cauca. Santander. Gigante. La Catalina.
FIT 0302	Estudio agro-económico del sistema maíz intercalado con café.	Santander.
FIT 0303	Estudio agro-económico del sistema frijol intercalado con café.	Santander. Consacá.
FIT 0305	Estudio agro-económico del sistema tomate (<i>Lycopersicum esculentum</i> L.) intercalado con café. II Manejo y sistemas de siembra del tomate.	L a Sirena. Consacá.
FIT 0305	Estudio agro-económico de la rotación de maíz, frijol y tomate de mesa intercalados con café. Con, y sin manejo de arvenses nobles.	Naranjal. La Catalina. Gigante.
FIT 0405	Estudio comparativo de cuatro variedades de café de porte bajo.	Naranjal.
FIT 0407	Comparación de diferentes distancias de siembra para el cruce Caturra X San Bernardo.	Naranjal.
FIT 0409	Efecto de la densidad de siembra en la producción de la variedad Colombia.	La Sirena. Cauca. Sta. Bárbara Consacá. Marquetalia.
FIT 0410	Comparación de diferentes formas de obtención de la densidad de Siembra óptima en variedades de café de porte bajo.	Naranjal. Líbano. El Tambo. La Sirena.
FIT 0411	Comparación de la producción entre tres densidades de siembra del café y tres del sombrío de <i>Inga sp.</i>	Albán. Santander. Pueblo Bello.
FIT 0412	Estudio agro-económico del sistema barreras de plátano (<i>Musa AA</i>) intercaladas con café.	Líbano. Paraguaicito. Pueblo Bello. La Unión. Sta. Bárbara. Santander. Convención.

CODIGO	TITULO	UBICACION
FIT 0413	Estudio agro-económico del sistema plátano (<i>Musa AA</i>) intercalado con café.	Paraguaicito. Pueblo Bello.
FIT 0422	Efecto de la intensidad del sombrero sobre la respuesta del café al fertilizante.	Pueblo Bello. Naranjal. Cauca. Santander. Albán.
FIT 0424	Comparación de la producción del café bajo sombra de cinco especies leguminosas y con diferentes densidades de siembra de cada sombrero.	Pueblo Bello. Nariño.
FIT 0426	Uso del sombrero y del mulch para el manejo del déficit hídrico en café, en las zonas Norte y Sur de Colombia.	El Tambo. Pueblo Bello.
FIT 0427	Efecto de la regularización del sombrero sobre la producción y la calidad del producto en un cafetal establecido con sombrero denso.	Jirokasaca
FIT 0428	Evaluación de las renovaciones de cafetales tradicionales en las cuales se conservan el sombrero existente y la densidad de siembra.	Jirokasaca.
FIT 0429	Caracterización agronómica de <i>Cordia alliodora</i> , <i>Eucaliptus grandis</i> y <i>Pinus oocarpa</i> como sombríos en café.	Paraguaicito
FIT 0430	Caracterización agronómica de <i>Eucaliptus grandis</i> , <i>Pinus patula</i> , <i>Pinus tecunumany</i> e <i>Inga sp</i> , para ser empleadas como sombríos de cafetales en el departamento del Cauca.	El Tambo.
FIT 0431	Estimación de la biomasa reciclable del plátano y su efecto en la producción de café en el sistema café-plátano.	Albán La Catalina.
FIT 0432	Comparación de la producción de café bajo sombra de cinco especies leguminosas y con diferentes densidades de siembra de cada sombrero	Santander

CODIGO	TITULO	UBICACION
FIT 0433	Uso del sombrero y del mulch para el manejo del déficit hídrico en café	Santander
FIT 0502	Comparación de cinco sistemas de manejo por renovaciones en el cultivo del café.	Naranjal. Gigante. Líbano. La Unión (Tolima) La Sirena. Albán. La bella. Sta. Bárbara. El Rosario.
FIT 0506	Comparación de la poda calavera y con otros sistemas de manejo en la producción de café.	Sta. Bárbara. El Rosario Gigante. Líbano. El Tambo.
FIT 0507	Comparación de ciclos de renovación en el manejo de cafetales.	Maracay. Líbano. La Sirena. Sta Bárbara.
FIT 0508	Comparación de cinco formas de implantar sistemas de manejo de cafetales.	Naranjal. Gigante.
FIT 0510	Comparación de tres formas de implantar los sistemas de manejo de cafetales establecidos.	Líbano Albán La Catalina. El Rosario. Sta. Bárbara. El Tambo.
FIT 05 12	Efecto del número de chupones por zoca sobre la producción del café	Naranjal Líbano. Gigante.
FIT 05 15	Comparación de sistemas de manejo con base en la poda calavera.	Naranjal Paraguaicito.
FIT 0601	Producción de café orgánico.	Naranjal Tambo. P. Bello.
FIT 0602	Respuesta en la producción del café al sol fertilizado con lombricompuesto.	La Catalina Paraguaicito. El tambo. Convención. Naranjal.

De los resultados que se han obtenido hasta la fecha se destaca lo siguiente:

En los resultados del experimento FIT 02 04: "Sistemas de obtención del número de plantas por sitio y su efecto en la producción de café", de la Estación Central Naranjal, se encontró una confirmación de que lo importante para la producción es el número de plantas por hectárea sin importar el sistema de obtención de esa densidad. Por ejemplo, 10.000 plantas por hectárea sembradas en 5.000 sitios, provenientes de dos plantas por bolsa o de una planta por bolsa con cape de la yema terminal para obtener dos tallos por planta, producen por lo menos igual a 10.000 sembradas en 10.000 sitios una planta por sitio. Esto, como se ha señalado en otras ocasiones, da la posibilidad de reducir los costos de instalación del cultivo en, por lo menos un 40%.

Los datos correspondientes se presentan en la Tabla 4 y en la Figura 1.

De este hecho también se tuvo evidencia en el experimento FIT 04 10: "Comparación de diferentes formas de obtención de la densidad de siembra óptima en variedades de café de porte bajo", en el cual se comprobó, en las localidades de Naranjal y El Líbano, que se podía obtener la misma producción con diez mil plantas por hectárea distribuidas en el terreno de seis maneras diferentes. En la Tabla 5 y en la Figura 2, se presentan los datos correspondientes a la Estación Central Naranjal.

De acuerdo con los resultados que se han obtenido hasta ahora en el experimento FIT 05 12: "Efecto del número de chupones por zoca sobre la producción del café", cuando se renueva por zoca, si el lote tiene una densidad de siembra de 2.500 plantas por hectárea, se deben dejar tres chupones, si la densidad es de 5.000, se deben dejar dos y si es mayor, uno. Los datos que corresponden a la Estación Central Naranjal, se presentan en el Tabla 6 y en la Figura 3.

TABLA 4. Experimento Fit 0204 Naranjal. Producción en @ cps /ha.

N° de Ptas./Sitio	plantas/ ha					
	5000		7500		10000	
	1998	96 - 98	1998	96 - 98	1998	96 - 98
1 planta/sitio	548	1158	564	1319	592	1338
2 plantas/sitio	777	1348	804	1446	922	1795
2 tallos/sitio	632	1191	872	1632	836	1621

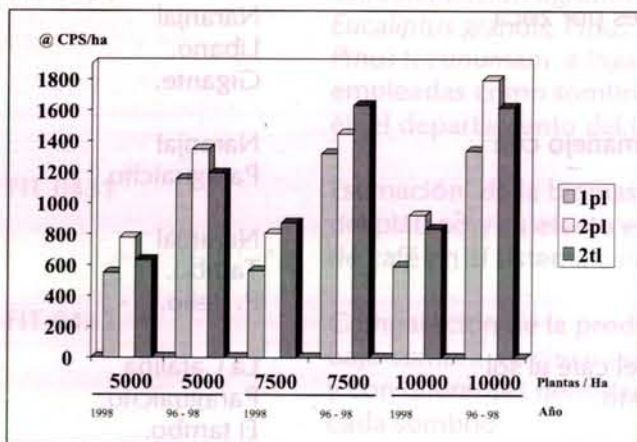


Figura 1. FIT 02 04. Naranjal. Producción en @ cps/ha. Cosecha 1998 y acumulado 1996 - 1998

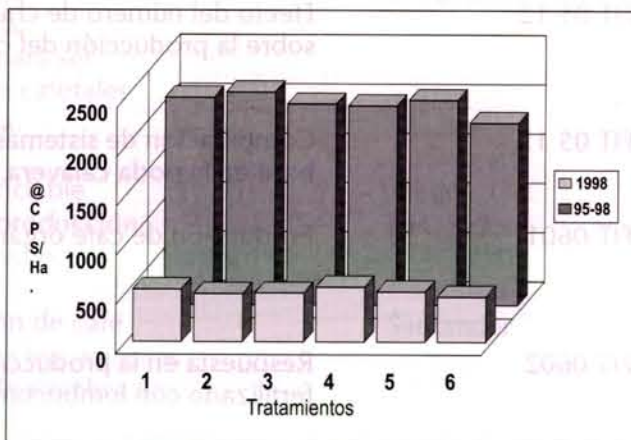


Figura 2. FIT 04 10. Naranjal. Producción en @ cps/ha. Cosecha 1998 y acumulado 1995 - 98.

TABLA 5. Experimento FIT 04 10. Naranjal. @ de C. P. S. /Ha.

TRATAMIENTOS	COSECHA 1998	ACUMULADO DE 1995 A 1998
4	557,56	2156,66
1	534,85	2103,46
5	510,12	2077,54
3	495,03	2037,29
2	489,45	2022,38
6	459,64	1848,73

En el análisis de los datos del experimento FIT 05 07, que consiste en "Comparar ciclos de renovación en el manejo de cafetales", no se observaron diferencias en las producciones de los tratamientos (Tabla 6 y Figura 4). Lo anterior permite reafirmar la recomendación del sistema por bloques en el manejo para el mantenimiento de una producción constante a través del tiempo.

Tabla 6. Experimento FIT 05 12. Naranjal. Producciones en @ de cps/ha. Cosecha acumulada de 1997 a 1998. Efecto conjunto del número de chupones y de la densidad de siembra.

DENSIDAD	NUMERO DE CHUPONES			
	1	2	3	X
02500	382,32	574,70	618,63	525,22
05000	839,34	1044,74	1022,81	968,97
07500	1012,14	1113,64	1079,81	1068,53
10000	1092,30	1131,39	961,23	1061,64
12500	1107,55	1030,66	823,23	987,15
PROMEDIO	886,73	979,03	901,14	

En el experimento FIT 04 22: "Efecto de la intensidad del sombrío sobre la respuesta del café al fertilizante", hasta ahora no se ha detectado efecto del fertilizante sobre la producción. El único factor que ha influido sobre los resultados es la intensidad del sombrío y la producción se ha reducido con los aumentos de la intensidad. Como ejemplo se presentan los datos obtenidos en la subestación de Pueblo Bello, en la Tabla 8 y en la Figura 5.

Los resultados que se obtuvieron en el experimento FIT - 0109: "Estandarización del proceso de descomposición de la pulpa de café", cuyos tratamientos se muestran en la Tabla 9 nos indican que el factor importante que se debe controlar en el proceso de descomposición de la pulpa de café es la humedad. Que si esta se mantiene por encima

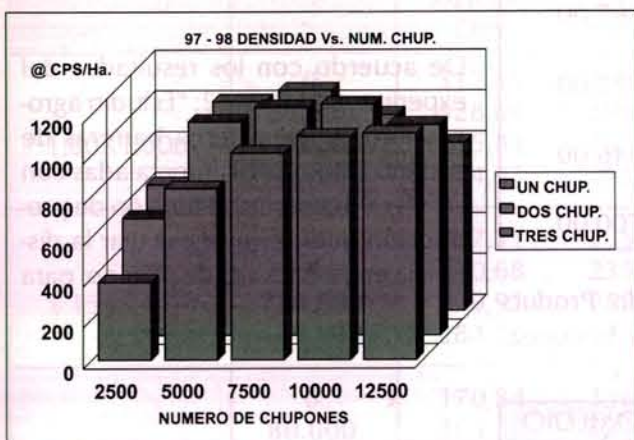


Figura 3. Experimento FIT 05 12. Naranjal. Producciones en @ de cps/ha. Cosecha acumulada de 1997 a 1998. Efecto conjunto del número de chupones y la densidad de siembra.

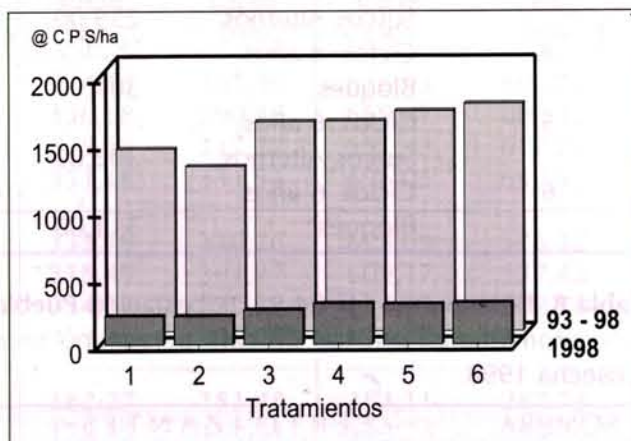


Figura 4. FIT 05 07. Maracay. Promedio de producción en @ cps/ha. Cosecha 1998 y acumulado 1993 - 1998.

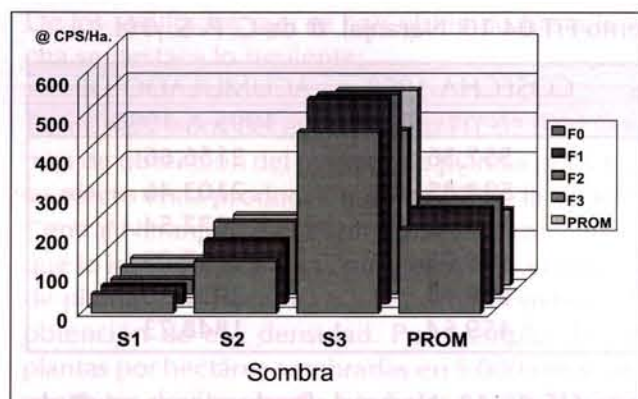


Figura 5. FIT 04 22. Pueblo Bello. Producción promedio en @ cps/ha. Cosecha 1998.

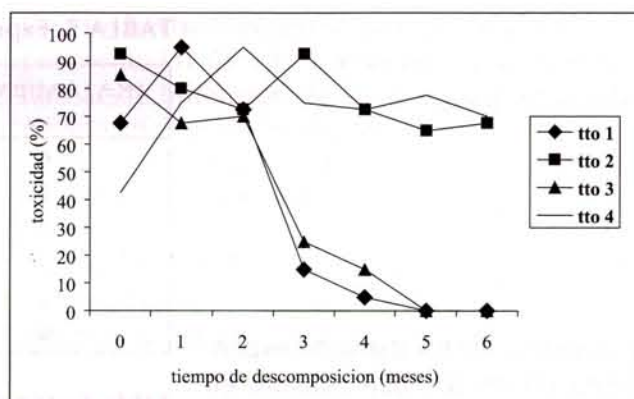


Figura 6. Toxicidad de plántulas de café a los 3 meses de edad, sembradas en pulpa de café de diferentes tiempos de descomposición.

del 51%, a los cinco meses se obtiene una pulpa que ya no produce toxicidad a las plántulas y que por el contrario, su efecto es benéfico en los almárgicos. Esto se ilustra con los datos que se presentan en las Figuras 6 y 7.

Tabla 7. Experimento FIT 05 07. MARACAY. Producción promedio en @ cps/ha. Cosecha 1998 y acumulado 1993 - 1998.

Tratamiento	Descripción	Producción @ cps/ha	
		1998	1993 - 1998
1	Ciclos 3 años. Surcos Alternos	217,00	1.365,00
2	Ciclos 3 años. Bloques	215,00	1.234,00
3	Ciclos 4 años. Surcos Alternos	259,00	1.567,00
4	Ciclos 4 años. Bloques	307,00	1.572,00
5	Ciclos 6 años. Surcos Alternos.	302,00	1.646,00
6	Ciclos 6 años. Bloques	311,00	1.700,00

Tabla 8. Experimento FIT 04 22. Subestación Pueblo Bello. Producción promedio en arrobas de café pergamino seco por hectárea. Cosecha 1998.

SOMBRA	FERTILIZANTES				PROMEDIO
	F0	F1	F2	F3	
S1	48,78	45,59	39,07	45,54	44,75
S2	133,12	161,61	184,52	139,19	154,61
S3	461,56	521,28	509,03	394,23	471,53
Promedio	214,49	242,83	244,21	192,99	

Cultivos intercalados con el café

De acuerdo con los resultados que se obtuvieron del experimento FIT-0303: "estudio agro-económico del sistema frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) intercalado con café (*Coffea arabica* L)", en El Tambo (Cauca), se demostró que es técnicamente factible el intercalamiento de hasta dos ciclos seguidos de 160.000 plantas/ha de frijón en siembras nuevas de café, con lo cual se consigue diversificar el ingreso y disminuir los costos de producción del café. Los datos correspondientes se presentan en la Tabla 10.

De acuerdo con los resultados del experimento FIT-0412: "Estudio agro-económico del sistema barreras de plátano (*Musa aab*) intercaladas con café", se determinó la función de producción que permite calcular la distancia entre barreras de plátano para

el cual el sistema se puede optimizar en términos económicos (Tablas 11, 12 y 13).

Según los datos del experimento FIT-0110: "Desarrollo y evaluación de estructuras biodegradables para almácigos de café con base en fibras naturales". Los cartones reciclados presentan las mayores ventajas para su empleo, para elaborar recipientes para almácigos. Además, las estructuras biodegradables permitieron reducir el 86% los tiempos de la siembra en campo de los almácigos con relación a los de la bolsa plástica. De otra parte, la actividad de llenado empleando estructuras en cartón reciclado, se redujo en comparación a las bolsas de polietileno en un 24,10%, a causa de la rigidez estructural del material.

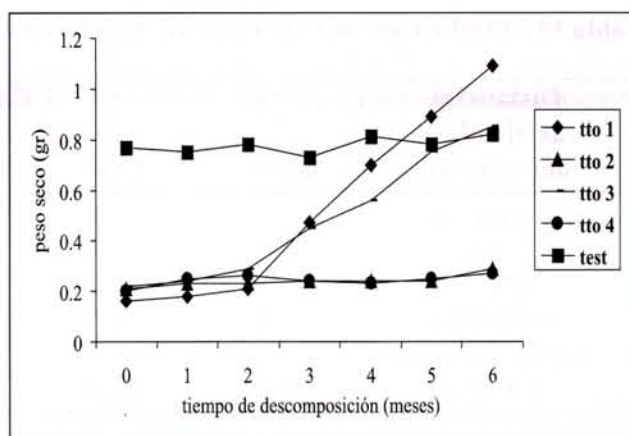


Figura 7. Peso seco de plántulas de café a los 3 meses de edad, sembradas en pulpa de café de diferentes tiempos de descomposición.

Tabla 9. Tratamientos de experimento FIT - 01 09.

TRATAMIENTO	DESCRIPCION
1	Pulpa tapada con manejo de humedad
2	Pulpa tapada sin manejo de humedad
3	Pulpa sin tapar con manejo de humedad
4	Pulpa sin tapar sin manejo de humedad

Tabla 10. Producciones de café (@ cps/ha) intercalado con fríjol en su etapa de establecimiento. El Tambo, Cauca. 1991 - 1999.

Distancia de siembra del café	Plantas de frijol por ha	PRIMERA COSECHA		SEGUNDA COSECHA		ACUMULADO	
		Ciclo Dos	Ciclo Tres	Ciclo Dos	Ciclo Tres	Ciclo Dos	Ciclo Tres
1.00X1.00m	0	312,45	305,33	324,48	301,39	636,93	606,72
	80.000	328,69	309,74	330,68	290,38	659,37	600,12
	120.000	315,81	300,51	335,63	317,22	651,43	617,73
	160.000	344,87	298,67	351,18	331,53	696,05	630,17
1.15X1.15m	0	287,31	265,86	335,79	310,26	623,09	576,12
	80.000	290,68	235,55	318,49	301,87	609,17	537,42
	120.000	279,91	252,42	334,14	270,34	614,05	522,74
	160.000	284,72	245,72	353,35	307,23	638,07	552,95
1.50X1.50m	0	170,84	136,25	182,27	151,48	353,11	287,73
	80.000	163,86	141,42	178,38	158,31	342,24	299,73
	120.000	173,87	137,14	208,37	165,73	382,24	302,87
	160.000	182,95	160,38	177,47	173,51	360,42	333,89
MEDIA C. DEV.		261,33	232,41	285,85	256,60	547,18	489,02
			17,42		16,58		15,34

Tabla 11. Producción de café en @cps/ha intercalado con barreras de plátano. Líbano, Tolima.

Distancias de siembra del café (m)	Cosechas de café en @ cps/ha					MEDIA ANUAL
	1996	1997	1998	1999	ACUM	
1,00x1,00	291,32	469,36	427,71	232,33	1,420,72	355,18
1,50x1,50	131,91	385,13	374,25	208,08	1,099,37	274,84
2,00x1,00	136,76	335,23	370,52	198,57	1,041,09	260,27
2,00x1,00	78,18	254,76	300,60	137,63	771,17	192,79
Media General	159,54	361,12	368,28	194,15	1,083,09	270,77
C V (%)	18,31	12,53	13	15,75	8,71	

Tabla 12. Funciones que describen el efecto de la distancia de la barrera de plátano sobre la producción del surco de café, para cuatro distancias de siembra. Líbano, Tolima.

Distancia de siembra del café (m)	Función	Distancia entre barreras (m)	R ²
1,00x1,00	$1.000,47 + 53,46X - 2,94X^2$	18	98,69
1,50x1,50	$691,71 + 107,06X - 7,54X^2$	14	99,09
2,00x1,00	$495,82 + 270,49X - 18,73X^2$	14	97,59
2,00x1,00	$594,22 + 63,62X - 5,66X^2$	12	97,57

Tabla 13. Componentes de producción de plátano intercalado con café. Líbano, Tolima

Distancias de siembra del café (m)	COSECHAS DE PLATANO											
	1995 -1996			1996 - 1997			1997 - 1998			1998 - 1999		
	M	D	K	M	D	K	M	D	K	M	D	K
1,00x1,00	6	44	17	6	45	17	6	44	15	6	37	14
1,50x1,50	6	49	18	6	51	18	6	44	17	6	43	15
2,00x1,00	6	46	18	6	50	18	6	45	16	6	42	15
2,00x1,00	6	47	18	6	49	17	6	46	17	6	43	15
Media	6	47	18,0	6	49	17,5	7	45	16,2	6	41	15,0
Coefficiente de variación	4,26	6,61	9,76	2,65	5,14	9,39	3,18	6,18	6,32	7,57	15,32	6,54
Productividad (*)	1,10			1,30			1,30			0,73		

M = Manos por racimo D = Número de dedos por racimo K = Peso de racimos (kg) (*) Número de racimos por sitio por año.

CONSERVACIÓN DE SUELOS

La Disciplina de Conservación de Suelos tiene en el Plan Quinquenal dos proyectos, CS 0100: "Conservación de Suelos y Aguas" y el CS 0200: "Manejo integrado de arvenses". La finalidad de estos proyectos es llevar al agricultor prácticas sencillas, eficientes y de bajo costo para un mejor uso, manejo y conservación de los recursos suelos y aguas de las fincas cafeteras, como estrategia que conlleve a la disminución de costos de producción y sostenibilidad de los recursos naturales.

Se continuó el experimento CS 0106: "Prevención y control de la erosión del suelo al nivel de finca cafetera", iniciado en 1990, en Cenicafé, las subestaciones experimentales y en fincas de agricultores, en las cuales se realizan trabajos de prevención y control de la erosión, para hacer el seguimiento y evaluación de su eficiencia, persistencia y costos. Se iniciaron prácticas de control en varios procesos erosivos (cárcavas, derrumbes, negativos de carretera y solifluxiones), con distintas magnitudes (12m² a 10.000m²). Los trabajos de control de erosión han mostrado alta eficiencia en su recuperación (90 - 100%) utilizando sólo mano de obra y materiales propios de las fincas. Con la experiencia y buenos resultados logrados con estas soluciones sencillas, esta Disciplina ha venido dando asesorías, cursos y conferencias a agricultores, técnicos de extensión, estudiantes universitarios y otras entidades, en diferentes regiones del país.

Durante el año 1998 - 1999, debido a la eficiencia alta que presentan las coberturas vegetales en la prevención de la erosión (97-99%), se ha hecho mayor énfasis en la orientación sobre el manejo integrado de arvenses con la introducción, en este programa, del equipo selector de coberturas nobles. Se ha mejorado el equipo selector de "arvenses nobles", eliminando el problema de presión variable y prescindiendo de otros elementos, con el fin de convertirlo en un equipo de menor costo y mayor eficiencia.

En Cenicafé (Planalto), se continuó con el manejo integrado de arvenses y la orientación de prácticas de protección de taludes, empradización, control de derrumbes, negativos de carretera, siembra de árboles y construcción de escalinatas, como disipadoras de energía.

Con el proyecto CS-0106 se ha logrado, además, que cada subestación experimental y las fincas de agricultores orientadas con las prácticas preventivas y de control de la erosión, sirvan como vitrinas a los demás agricultores de la misma región y otras regiones del país.

Se está desarrollando el experimento CS 01 08: "Determinación de los Índices de Erodabilidad de 15 suelos de la Zona Cafetera Colombiana", con el muestreo de las primeras cinco unidades de suelos (Guamal y Parnaso, Typic dystropepts, y Fresno, Chinchiná y Montenegro, Melanudands), a los cuales se les hace diferentes determinaciones físicas y químicas.

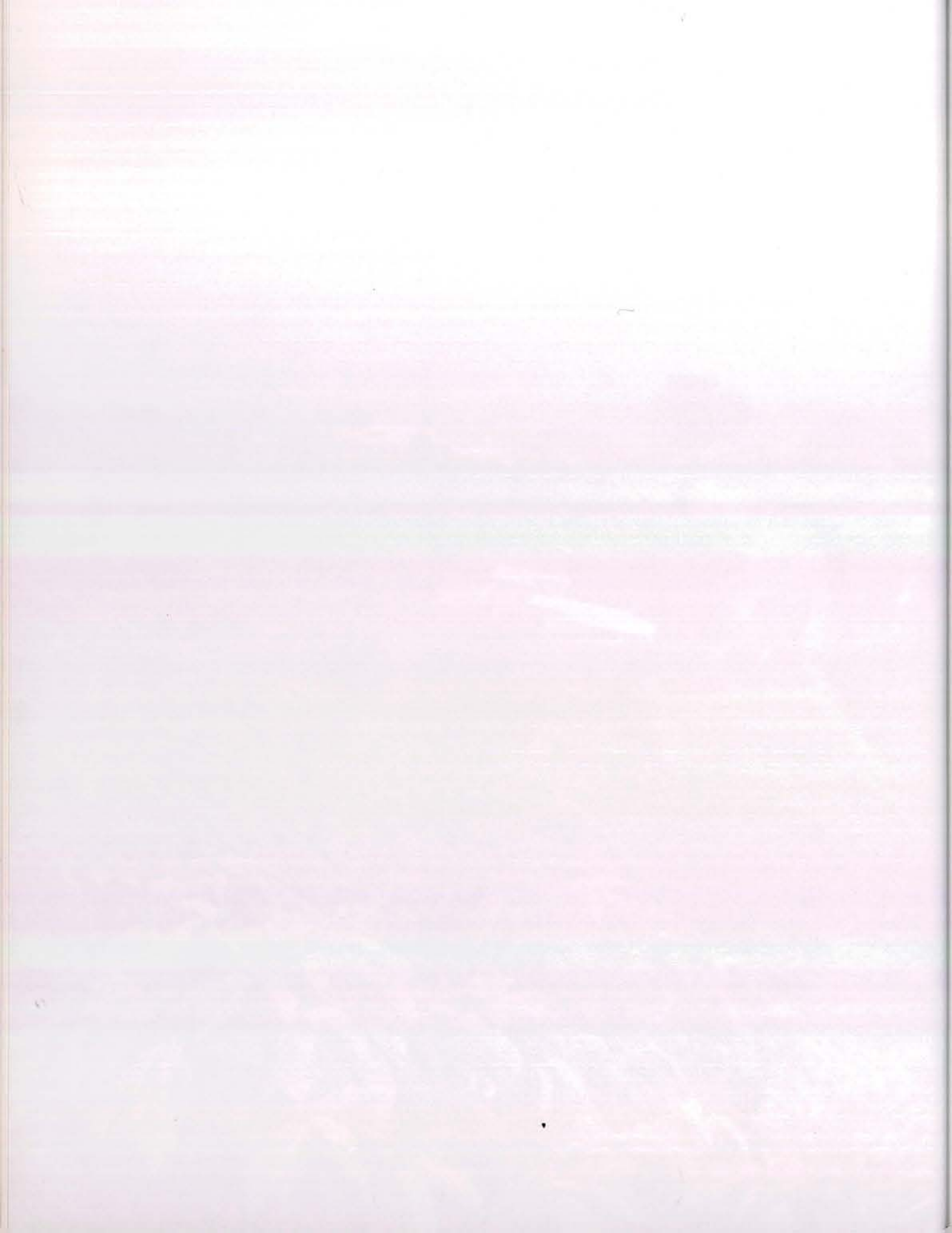
En esta segunda etapa del trabajo se determinaron 71 propiedades físico-químicas de los suelos, para lo cual se efectuaron muestreos en el campo en tres usos (bosque, café y pastos) y cuatro profundidades (0-10, 10-20, 20-40 y 40-60cm). Mediante correlaciones lineales simples y multivariadas, entre los índices de erodabilidad de los suelos y las propiedades físico-químicas, se determinaron con la variable porcentaje de arenas en los agregados del suelo menores de 0,25 ($AAG < 0,25$) las ecuaciones $K_i = 2,783 + 20,69 \times AAG < 0,25$ y $K = 0,0186 + 0,1414 \times AAG < 0,25$, con coeficientes de determinación $R^2 = 0,97$, altamente significativos, respectivamente, para ambas ecuaciones las cuales permiten predecir los índices de erodabilidad K_i y K , para las cinco unidades de suelos estudiadas.

Con las correlaciones lineales simples entre propiedades físicas, se encontró la ecuación $Da = 0,2267 + 0,0665 \times RFP$, con un coeficiente de determinación altamente significativo ($R^2 = 0,99$) entre la resistencia final del suelo a la penetración (RFP) y la densidad aparente (Da).

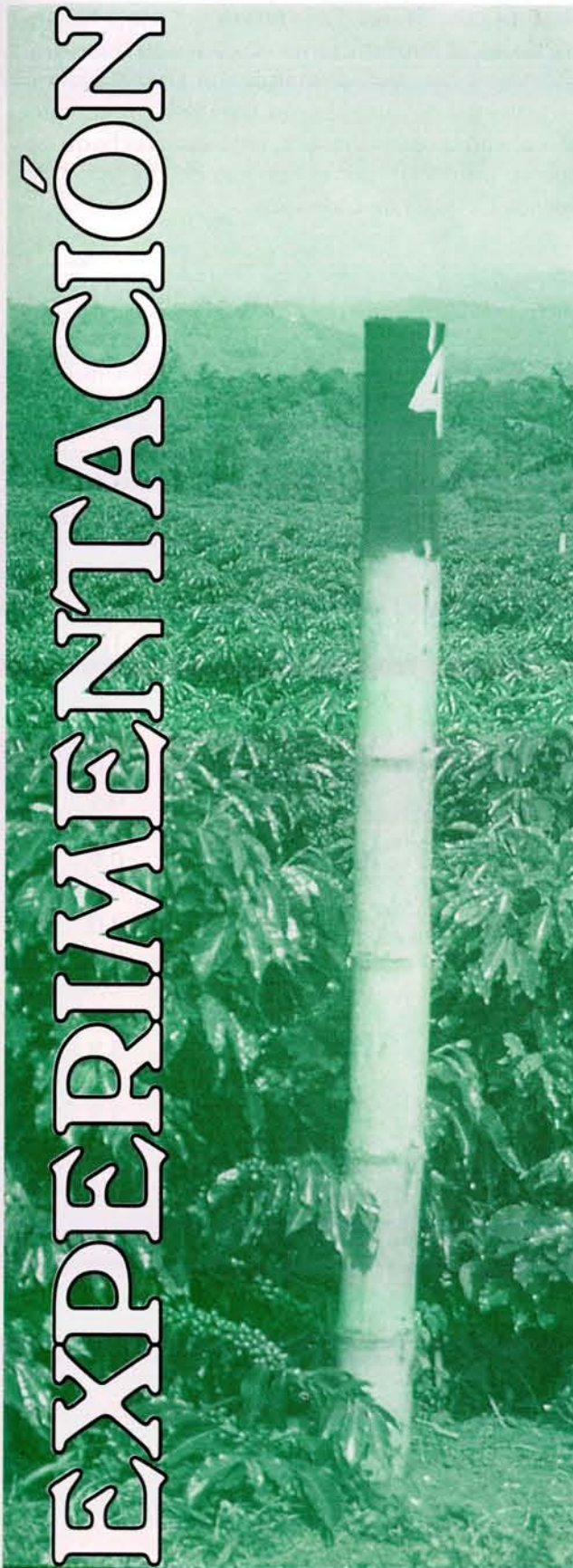
Campos experimentales: Se establecieron 25 nuevos experimentos, finalizaron 30 y en total se manejaron 416 campos experimentales, con el estricto seguimiento de los protocolos de investigación, la toma y registro de la información técnica y el refinado mercado. La alta implementación de la subsección Experimental es la característica por el uso eficiente de los recursos, el manejo racional del presupuesto y el cumplimiento de las metas en todas las ejecuciones, por lo que se demostró superioridad, como se evidencian de auditorías locales y de la empresa (Tabla 14).

Parcelas de la Variedad Colónida. El crecimiento de las plantas se puede observar en la foto.





EXPERIMENTACIÓN



Campos experimentales. Se establecieron 75 nuevos experimentos, finalizaron 30 y en total se manejaron 416 campos experimentales, con el estricto seguimiento de los protocolos de investigación, la toma y registro de la información técnica y su remisión mensual. La administración de las Subestaciones Experimentales estuvo caracterizada por el uso eficiente de los recursos, el manejo racional del presupuesto y el envío oportuno de las cuentas con todas las ejecuciones mensuales debidamente soportadas, como lo exigen las disposiciones legales y de la Empresa (Tabla 14).

Parcelones de la Variedad Colombia. El programa de renovación y ampliación de los campos de multiplicación de semilla se cumplió conforme a lo previsto para el período. De la población de 185.100 árboles sembrados en las Subestaciones Maracay, El Rosario, Líbano y Santander, sólo 98.400 estaban en producción; las demás en desarrollo vegetativo. En almácigos, 162.000 plántulas con las 44 progenies constituyentes de esta variedad, listas para sembrar en noviembre/99; 72.000 en los mencionados sitios y las 90.000 restantes en cantidades iguales en la Estación Central Naranjal, La Catalina y Paraguaicito. Con estos desarrollos, concluye el Plan 1999 y se completa el proyecto de las 35 hectáreas para la multiplicación de la semilla de la Variedad Colombia.

Producción y Distribución de Semilla: Las cantidades producidas fueron las mismas distribuidas, es decir, se entregó semilla fresca. A pesar de la sensible reducción y una inconveniente distribución de la cosecha por efecto del clima, excesivamente lluvioso en el período del informe, se enviaron a todos los Comités de Cafeteros 49.560 kilogramos de semilla y 2.664 kilos de semilla de Porte Alto, Resistente a la Roya, De enero a septiembre/99 se entregaron 35.065 y 1.648 kilos de cada clase.

Las cifras de distribución expresadas, superan en 15.000kg la campaña de la vigencia 97-98, en cuanto a variedad Colombia y 2,6 veces las entregas del material genético de Porte Alto, gracias al **plan de contingencia** puesto en marcha en marzo/99. Consistió este, en el beneficio como semilla de las producciones de las áreas en café de la Sirena y Santa

Bárbara, anteriores parcelones con el mismo objetivo y convertidos en experimentos en 1992, en vista de la poca demanda de los Comités Departamentales de Cafeteros por la semilla ofrecida en años anteriores.

Giras de caficultores. En la Estación Central Naranjal y en las 17 Subestaciones ubicadas en la geografía cafetera nacional, se atendieron **18.099 visitantes**, actividad de capacitación, transferencia e inducción al cambio, no siempre bien aprovechado en todo su potencial por el Servicio de Extensión de algunos Comités de Cafeteros.

Tabla 14. Resumen de actividades desarrolladas en las subestaciones de experimentación de Cenicafé.

Subestaciones	Experimentos			Visitantes atendidos	Área total ha	Área total dispon. (ha)
	Nuevos	Finalizados	Vigentes			
NARANJAL	10	16	134	2688	68,0	6,0*
LA CATALINA	14	2	36	2593	43,0	6,0*
SUPIÁ	6	3	21	459	17,6	1,0
LÍBANO	2	0	22	406	23,9 (L. Trinidad)	0,9
					7,0 (L.Unión)	0,6
PARARAGUAICITO	8	3	26	393	57,0	0,0
PUEBLO BELLO	1	1	19	1589	50,0	6,0
STA. BARBARA	3	0	17	1328	13,6	0,4
GIGANTE	2	0	16	1526	18,0	3,0
CONSACA	5	1	19	799	23,9 (Consacá)	0,9
					7,0 (L Unión)	0,6
EL TAMBO	2	1	15	1378	46,3	4,0
EL ROSARIO	1	0	14	1454	22,8	0,0
LA SIRENA	2	3	11	43	8,3	0,0
					6,0 (Funders)	2,7
VALLE	3	0	12	168	37,5	5,9
CONVENCIÓN	2	0	11	392	123,0	2,0
MARQUETALIA	2	0	8	324	10,0	3,9
MARACAY	4	0	10	573	27,15	0,0
SANTANDER	8	0	25	1899	28,9	0,3
TOTAL	75	30	416	18099	638,4	44,2



POSTCOSECHA

INGENIERÍA AGRÍCOLA

Se adelantaron investigaciones en los campos de cosecha de café (manual y mecanizada), despulpado, beneficio ecológico y secado. En la Tabla 15 se presenta el estado de la investigación en cosecha de café.

Avances en cosecha de café

Cosecha de café con batidores mecánicos, ING 0107. Se adelantaron la primera y la segunda etapa previstas en el experimento. Los resultados obtenidos en la primera etapa mostraron diferencia entre los batidores MAIBO y Cenicafé, en la variable proporción de frutos maduros en el café cosechado a favor del batidor Cenicafé. Por la importancia de este resultado en el estudio, se seleccionó el batidor CENICAFÉ-I como el mejor. En la segunda etapa, recientemente finalizada, se comparó el desempeño de este último, con el método manual tradicional. Debido a las condiciones climáticas de inicios del año 1.999, el porcentaje inicial de frutos maduros en las unidades experimentales fue inferior al 30%. En estas condiciones, que no son adecuadas para los métodos de cosecha mecanizados conocidos, la proporción de frutos verdes en el café cosechado con el batidor fue relativamente alta (22%, en la primera etapa fue 19,0%); el rendimiento por operario con los batidores (que incluye repase manual) fue inferior (matemáticamente) al de la recolección manual tradicional (13kg/h frente a 17kg/h).

TABLA 15. Estado de las investigaciones en cosecha de café en Cenicafé.

Campo	Experimentos finalizados	Experimentos vigentes
Estudios básicos: Propiedades físicas, mecánicas, fisiología de la maduración, manejo del árbol de café con fines de cosecha.	5	3
Cosecha Manual y asistida	4	4
Cosecha Mecánica	2	13
TOTAL	11	20

Con el fin de mejorar el desempeño en cosecha con batidores se considera necesario: disminuir el tiempo de labores con las mallas utilizando mayor longitud y dispositivos sencillos para retirar las hojas; construir batidores con menor área de trabajo con el fin de tener mayor control al golpear los racimos con café; desarrollar un dispositivo para disminuir la fuerza de impacto del batidor.

Cosecha del café con aire utilizando aspiración.

ING-0108. Se evaluaron cuatro ventosas (fuelle 1, fuelle 2, multifuelle y profunda) en el desprendimiento de frutos maduros. Las variables medidas fueron proporción de agarre, proporción de desprendimiento, fuerza media de desprendimiento (N) y presión media de vacío (Pa). Los resultados preliminares para las ventosas de fuelle 1 y fuelle 2 muestran que la totalidad de los frutos maduros fueron agarrados por ambas ventosas. La proporción de desprendimiento fue del 100% para la ventosa de fuelle 1 y del 80% para la ventosa de fuelle 2. La presión de vacío para la ventosa de fuelle 1 varió de $0,50 \times 10^5$ a $0,56 \times 10^5$ Pa, mientras que para la ventosa de fuelle 2 varió de $0,46 \times 10^5$ a $0,56 \times 10^5$ Pa. Para este rango de presiones la fuerza de desprendimiento alcanza un valor máximo de 6,104 N y mínimo de 5,242 N para la ventosa de fuelle 1 y un valor máximo de 3,189 N y mínimo de 2,623 N para la ventosa de fuelle 2.

Cosecha del café por la aplicación de momentos flectores. ING-0110. Se diseñó un segundo prototipo con el cual se espera aumentar la selectividad y la eficacia para el desprendimiento de frutos maduros.

Construcción de un vibrador sónico para la cosecha manual del café. ING-0112. Se diseñó, construyó y puso en funcionamiento un prototipo de vibrador electromecánico, controlado por un circuito electrónico, que incluye: 1) un microprocesador con funciones de generación y control de las vibraciones, en el rango de vibraciones sónicas de 200 a 400Hz; y 2) un sistema de amplificación de audiofrecuencias para entregar la potencia necesaria al vibrador.

Cosechador de café por vibración del follaje "COVAUTO". ING 0114. En la literatura disponible no se reportan métodos analíticos confiables que

tengan en cuenta la dinámica de la relación entre los dientes vibradores de un cosechador de café y el follaje, lo que hace difícil que las especificaciones de diseño de los mecanismos inerciales puedan predeterminarse. Además, no existen elementos conceptuales sobre cómo funcionan estos mecanismos, que se basan en el impacto y las vibraciones y que puedan utilizarse en el desarrollo de tecnologías para el desprendimiento selectivo de los frutos maduros de café.

Con el fin de generar conocimientos sobre la aplicación de agitadores de dientes al follaje, conducentes a la cosecha selectiva del café, se diseñó y construyó en Cenicafé un prototipo experimental denominado Cosechador vibrador autopropulsado, COVAUTO, que permite aplicar vibraciones al follaje en condiciones de campo. El equipo posee instrumentación telemétrica para el manejo de los datos que generen los sensores y transductores ubicados en el conjunto tractor-COVAUTO y los extensómetros eléctricos ubicados en la estructura del mismo para los análisis de las deformaciones.

Las especificaciones técnicas evaluadas y medidas del COVAUTO comparadas con los tres modelos comerciales existentes para la recolección del café en el mundo con el mismo principio de vibración (JACTO, AUSTOFT Y KORVAN), su peso, su ancho y altura de trabajo, su costo y su adecuada ingeniería, lo posibilitan técnica y económicamente para el trabajo en las condiciones de nuestra caficultura.

Desarrollo y evaluación de un dispositivo de vibración circular al tallo para la cosecha del café.

ING 0122. Se construyó un prototipo, accionado por un motocultor Goldoni Special 150 de 10kW de potencia, para generar y aplicar vibraciones circulares en el tocón o en el chupón de zocas de café. La masa, las excentricidades y las frecuencias utilizadas fueron de 2kg, 1,5cm, 2,0cm, 2,5cm y 3,0cm, 1000cpm, 1500cpm y 2000cpm, respectivamente. El tiempo de vibración de cada árbol fue de 20 segundos. El análisis estadístico mostró que el mejor tratamiento para vibrar el tallo de café corresponde a una frecuencia de excitación de 2.000cpm, con una excentricidad de 2,5cm aplicado en el **chupón** del tallo del café, lográndose des-

prender más del 45% de frutos maduros en el árbol con un porcentaje de frutos verdes en la masa cosechada de 27%. Se observó que el desprendimiento del fruto de café depende más del incremento de la amplitud (mayor excentricidad) que de la frecuencia, siendo la selectividad de la cosecha una función directa de la frecuencia, amplitud, punto de sujeción y aplicación de las vibraciones y del porcentaje de frutos maduros de los árboles.

A partir de los resultados obtenidos se construirá un segundo prototipo con mayor facilidad para su operación (acople y desacople de los tallos), de menor peso, equipado con un dispositivo para la captura de los frutos desprendidos y similar al desarrollado en España por los investigadores Cañavate y Gil para la cosecha de aceitunas.

Evaluación de dos métodos de asistencia manual para la recolección de café cereza. ING 0123. Con ellos se pretende eliminar dos actividades ó "therbligs" de la cosecha manual tradicional, transferencia y retorno. Los ensayos se realizaron en lotes con zocas de tercera cosecha, dos o tres ejes por sitio, distancia entre surcos 2m, pendientes de 15% y 40. Con el empleo de las mallas el porcentaje de frutos maduros en el suelo por sitio fue 0,1% frente a 2%, con el canasto recolector modificado. En la segunda etapa del estudio se compararon las mallas polisombra con el canasto recolector tradicional obteniéndose menor porcentaje de frutos maduros en el suelo por sitio (0%), frente a los obtenidos con el canasto recolector tradicional (5,7%).

Diseño, construcción y evaluación de un dispositivo para la cosecha mecánica del café, por vibración multidireccional al tallo. ING 0124. Se diseñó un prototipo, accionado por la toma de fuerza de un motocultor Daedong150 E, para aplicar al tallo del café vibraciones multidireccionales de diferente número de lazos (4, 10, 20 y 40) a la frecuencia de resonancia de los frutos maduros obtenida en Cenicafé (1.500cpm) con una amplitud de 1cm. Con la aplicación de vibraciones multidireccionales se espera incrementar el desprendimiento de los frutos maduros y la reducción de los verdes. El equipo se terminó de construir en septiembre de 1.999 y será evaluado en la cosecha principal de 1.999.

Análisis de la respuesta dinámica de frutos y ramas sometidas a vibraciones unidireccionales con servosistemas. ING 0125. Experimentalmente no se ha determinado la frecuencia de resonancia del sistema fruto-pedúnculo del café en el primer modo de vibración. En la primera etapa de este experimento se vibraron frutos de café utilizando un dispositivo que permite la aplicación de vibraciones unidireccionales puras (sin el defecto de "gota de agua" característico del sistema biela-manivela), a amplitudes inferiores a 3,0mm, durante 30 segundos, partiendo de la frecuencia de resonancia (1.500cpm) obtenida teóricamente en Cenicafé para frutos maduros en el primer modo de vibración. No se observó desprendimiento de frutos. La amplitud de respuesta en el rango de frecuencias trabajado fue similar a la de excitación. No se observaron los modos pendular y basculante a los cuales se les atribuye el desprendimiento de los frutos maduros.

Desarrollo de un dispositivo neumático semiestacionario para agilizar la recolección manual de café en cereza. ING-0127. Los estudios de tiempos y movimientos, las primeras investigaciones en desprendimiento mecánico del café, así como los trabajos en cosecha manual asistida, señalan que es necesario diseñar sistemas para la captura y el transporte del café desprendido para incrementar el rendimiento por operario. En este experimento se propone diseñar un sistema de sombrillas invertidas para capturar el café desprendido manualmente por seis personas y un sistema neumático para transportarlo al saco ó "estopa" de almacenamiento temporal. En ensayos preliminares se ha observado la viabilidad de este concepto tecnológico, denominado AEROCAFE.

Ubicación espacial del fruto de café usando visión estereoscópica artificial en condiciones de laboratorio. ING-0128. Este experimento complementa al ING 0118. Una vez detectados los frutos maduros se pretende ubicarlos espacialmente; inicialmente en ambiente de laboratorio (controlando la variable luz). Para el efecto, se crea un sistema de coordenadas virtuales y con la ayuda de dos imágenes, del mismo racimo y a diferente distancia de la cámara, marcadas con el software diseñado en el ING 0118. Se crea la tercera dimensión aplicando

cálculos geométricos y teorías computacionales para el manejo de gráficas y distancias en las imágenes, logrando ubicar el centro de masa de los frutos en el sistema de coordenadas virtuales. Para lograr este resultado se pasa por varias etapas que incluyen el desarrollo del software (Análisis, Diseño e Implementación) y el desarrollo del hardware del sistema (Análisis-Diseño e Implementación).

Concepción de una herramienta manual para asistir la recolección de café en Colombia. ING 0129. Ubicada en el campo de las herramientas para asistir a la cosecha manual, es una propuesta en la cual se busca el desprendimiento masivo selectivo de los frutos maduros. Se partió de un modelo construido en envase plástico de gaseosa, de 2 litros. Posteriormente utilizando metodologías para la concepción de herramientas, con propiedades físicas, geométricas y mecánicas del sistema fruto-pedúnculo y de los racimos con frutos se diseñaron nuevos prototipos. El prototipo, denominado ORSEL-1, será evaluado en la cosecha principal de 1.999.

Implementación de un sistema automático para el registro y el análisis espectral de las vibraciones generadas en los agitadores del "COVAUTO". ING-0132. Se diseñó un dispositivo para la adquisición y el procesamiento de señales provenientes del equipo COVAUTO.

Diseño e desarrollo de un sistema de control automático para un dispositivo vibrador del tallo de café. ING-0133. Los daños mecánicos en la corteza de los árboles y el desprendimiento de un porcentaje importante de frutos inmaduros en cosecha de frutales con la aplicación de vibraciones al tallo, han sido atribuidos por varios investigadores a los transientes de las vibraciones al inicio y al final de la agitación. Con el fin de controlarlos se ha diseñado, construido y evaluado de manera preliminar, un sistema que permite controlar la excentricidad de la masa rotante durante la vibración.

En los ensayos en cosecha de café con la aplicación de vibraciones circulares al tallo realizados por Ramírez en Cenicafé en 1.999, se han observado variaciones importantes en la frecuencia de las vibraciones que podrían ser responsables del desprendimiento inesperado de frutos inmaduros. Con el

fin de obviar esta anomalía se diseñó, en una primera etapa en laboratorio, un dispositivo que permite controlar la velocidad de un motor eléctrico. Los resultados aunque satisfactorios, indican que se debe mejorar el sistema de control en cuanto a la frecuencia de adquisición de muestras de velocidad para el proceso. Con base en estos resultados, se desarrollará un dispositivo que permita controlar la velocidad en masas accionadas por un motor hidráulico.

Cosecha del café por la aplicación de impacto a las ramas. ING-0134. En las investigaciones en cosecha de café con la aplicación de vibraciones mecánicas al tallo se ha observado limitaciones del árbol para transmitir las hasta los frutos. Para obviar lo anterior se considera importante investigar el empleo de vibraciones o de impacto al follaje o a las ramas. En este estudio se parte de un equipo fabricado por la compañía alemana Elexso, para aplicar impacto a las ramas. En la primera etapa se evaluará el equipo de acuerdo al procedimiento establecido por los fabricantes. En la segunda, se hará el análisis físico-matemático y cinemático del mecanismo original. Con estos resultados y estudios básicos en Cenicafé, se diseñará un dispositivo que permita el desprendimiento selectivo de los frutos maduros el cual será evaluado en campo, en la cosecha de mitaca del año 2.000.

Avances en despulpado de café

Los resultados obtenidos con la tecnología BECOLSUB desde 1.996, indican que los mayores problemas de funcionamiento de los módulos se deben al mal desempeño de las despulpadoras, por problemas de fabricación y dificultad para calibrarlas. El agua es todavía utilizada en los beneficiaderos grandes, para separar los objetos duros que pueden dañar las máquinas. Sin embargo, durante el contacto con el agua, aún por pocos segundos, el fruto absorbe humedad lo cual disminuye la capacidad de la pulpa para retener las mieles resultantes del proceso BECOLSUB, y disminuyendo así el control de la contaminación. Con el fin de aportar soluciones tecnológicas para resolver los problemas observados, se están adelantando investigaciones para proteger las máquinas de los objetos duros utilizando dispositivos electrónicos, y para diseñar nueva

tecnología con mejores especificaciones técnicas que los modelos utilizados que toleren los objetos duros.

Rediseño de una despulpadora de café. ING 0408 y Desarrollo de una máquina despulpadora con tolerancia a objetos duros. ING-0409. Se diseñó un nuevo pechero con el cual se logra alto rendimiento y excelente calidad del despulpado; Se midió el torque requerido para despulpar café a diferentes velocidades de rotación y rendimiento. Se mejoró el sistema de resortes diseñado inicialmente por INGESEC para permitir el desplazamiento del pechero ante la presencia de objetos duros en la zona de despulpado de la máquina. Se propuso un nuevo prototipo en el cual se eliminaron dos componentes característicos de las despulpadoras de cilindro horizontal (el agitador y las cureñas).

Estudio de las variaciones de las corrientes generadas en las despulpadoras utilizando técnica de tratamiento de señales y reconocimiento de patrones para la detención de objetos duros. ING-0410. Se analizaron las señales de aceleración presentes en el pechero de una despulpadora tipo Comité 2½ las cuales permitieron encontrar parámetros que distinguen el paso de un objeto duro a través de ésta. Con los resultados se diseñó un circuito electrónico que detecta y apaga el motor de la despulpadora disminuyendo de este modo los daños producidos. Adicionalmente se propone un sistema para separar objetos duros antes de que estos entren a la despulpadora.

Estudio de la sobrecarga eléctrica por la presencia de objetos duros para el desarrollo de dispositivos protectores de despulpadoras. ING 0411. En este experimento se estudió del comportamiento de la corriente de alimentación del motor que maneja la despulpadora, con el fin de determinar sus patrones ante diferentes tipos de carga, ya sea en vacío, con café, con café y piedras, en presencia de torque altos, etc. Así, se buscó desarrollar un sistema electrónico o electrónico-mecánico, que observe la corriente de fase del motor y determine el instante de entrada de un objeto duro a la despulpadora, para inmediatamente apagarla y evitarle un daño mayor. Se encontró para la máquina, trabajando sin café, un valor promedio de su RMS de

1.9167 A, la corriente varío entre el 2 y el 3% de este valor RMS. En el despulpado de café, con un RMS de 1.914 A se obtuvieron incrementos máximos entre el 3 y el 4%, en igual condición de trabajo, pero con presencia de un objeto duro, el incremento máximo estuvo entre un 5 y 6% de un valor RMS de 1.8649 A. Esta misma variación se presentó para los casos de torque alto. Con la despulpadora en vacío y con presencia de una piedra el incremento máximo estuvo entre el 4 y el 5% de un valor RMS de 1.939A.

Beneficio ecológico

Módulo BECOLSUB 100. Se diseñó un módulo para el beneficio ecológico del café con rendimiento de 100kg de cereza/h para caficultores con producción de hasta 670 @ de cps/año. Al igual que los otros equipos, con el nuevo modelo se tiene control de 92% de la contaminación y consumo de agua inferior a 1,0L/kg de cps. El equipo es accionado por un motor monofásico de 1 HP, colocado en posición vertical. Para el accionamiento de la despulpadora y el tornillo sinfín mezclador se utilizó una caja reductora con la cual se simplifica notoriamente la transmisión de potencia y se evita el empleo de bandas tipo B para el cambio de dirección.

La camisa del desmucilagador, la bandeja que transporta las mieles al tornillo sinfín, el tornillo sinfín (hélice y carcasa) se construyeron en lámina de acero inoxidable calibre 18, con lo cual se espera mayor duración. Para la calibración de la despulpadora se diseñó un mecanismo accionado externamente el cual permite ajustar el rendimiento a la calidad del café recibido, sin detener su marcha. Los componentes del BECOLSUB 100 están soportados por un chasis montado sobre ruedas con neumático, lo cual permite desplazar el equipo desde el sitio destinado para guardarlo en la finca hasta el área de trabajo y viceversa. Con ello se evita la construcción de una bodega que puede costar más que el propio equipo. Los planos para la fabricación del BECOLSUB 100 se entregaron en septiembre de 1.999 a 23 empresas seleccionadas por la Gerencia Técnica.

Actualización de planos para la fabricación de los módulos BECOLSUB 300, 600, 1.000 y 3.000. Te-

niendo en cuenta los avances en Cenicafé, las recomendaciones de los fabricantes de los equipos, de los ingenieros vinculados al área de beneficio en los comités departamentales de cafeteros y de caficultores, se rediseñó la tecnología para las diferentes escalas. Al igual que el BECOLSUB 100 los planos se entregaron el pasado mes de septiembre de 1.999.

Evaluación Técnica y económica de módulos "BECOLSUB 600 Y 1000 MÓVILES". ING. 1114. Se presentan los resultados obtenidos en el segundo año. El daño mecánico final, generado en el proceso, es de 0,36 y resulta inferior a la norma (2%), lo cual muestra las bondades de la tecnología. El consumo específico de agua por kg de café pergamino seco varió entre 0,7 y 1L, que está acorde con los parámetros de diseño de la tecnología, y el control de la contaminación generada por el beneficio húmedo del café del 90 al 92%. El rendimiento promedio del equipo fue de 1188,58kg de café cereza/hora y la relación de conversión de café cereza a pergamino seco de 4,54 a 1. Los costos fijos por arroba procesada al año son de \$173,33 para el BECOLSUB 600 y \$136,00 para el BECOLSUB 1000; para los equipos los costos unitarios promedios por @/cps obtenidos fueron de \$926,96 y \$829,58 respectivamente, y de \$1122,96 para el beneficio tradicional. El módulo BECOLSUB 1000 móvil en la finca "El Porvenir", mostró los menores costos unitarios por @/de cps beneficiada, hasta café lavado, con un valor de \$753,26. Los costos por arroba de cps beneficiada en el módulo BECOLSUB 1000 móvil, son menores que los del módulo BECOLSUB 600 móvil. Los promedios de las conversiones de café cereza a café pergamino seco entre los módulos BECOLSUB 600 y 1000 y el Beneficio Tradicional para todas las pruebas no mostraron diferencias significativas y los valores fueron 4,64:1; 4,67:1 y 4,70:1, respectivamente.

Rediseño estructural del módulo BECOLSUB 300. ING-1117. Utilizando el método CESAM propuesto por los Doctores Claude Marouze y Francois Giroux del CIRAD-Francia para la concepción de tecnologías, se desarrolló un nuevo módulo BECOLSUB. En el nuevo modelo, BECOLSUB 300-E, se integraron todas las funciones para obtener un equipo más compacto, con menor cantidad de piezas,

de menor peso, con mayor facilidad de acceso a cada una de sus partes. La despulpadora, diseño propio de cilindro vertical, se colocó en la parte inferior del desmucilaginador para ser accionada por el eje de éste. La mezcla de mieles y pulpa se logra por medio de un tornillo sinfín colocado en la parte inferior de la despulpadora. Para el accionamiento del equipo se utilizó un motor de 1,8 HP. Con la excepción del eje del desmucilaginador, el tornillo sinfín dosificador de la despulpadora, la camisa de la despulpadora y la estructura que soporta los componentes, el equipo se fabricó en material plástico. Los resultados obtenidos en las primeras evaluaciones indican que la tecnología estará lista para los cafeteros colombianos el próximo año.

Secado del café

En el proceso del beneficio del café, el secado sigue siendo etapa fundamental tanto desde el punto de vista de los costos de producción de café como de la calidad final del producto. Debido a lo anterior, la Disciplina viene desarrollando trabajos de investigación orientados a plantear alternativas que permitan disponer de información para los caficultores así como para los técnicos de los comités, para definir la más adecuada de acuerdo a sus necesidades.

Los avances obtenidos en los experimentos que actualmente se desarrollan son los siguientes:

Aprovechamiento de la energía calórica no utilizada en las estufas campesinas, para el secado mecánico del café. ING-0816. En la estufa la energía no empleada en la preparación de alimentos, utilizando como combustibles carbón mineral y leña de café, es aproximadamente 635 kw/h (78%) y 731 kw/h (81%) respectivamente; de la cual se aprovecha para el secado de café más del 33 %. El tiempo de secado de café en el equipo fue de 3 días, operando con el funcionamiento habitual de las horas empleadas para cocinar, es decir 15 horas en las que se le suministraba combustible y se regulaba la temperatura (compuertas) para obtener en la cámara de secado un promedio de 47,31°C con carbón y 49,29 °C con leña. Así mismo, durante el secado del café se emplearon 96,1kg de carbón y 183,1kg de leña. Se obtuvo un contenido de hume-

dad final del café, en promedio, del 10% bh y la calidad en taza del café seco con el equipo "EScafé" fueron iguales estadísticamente con los del secado al sol.

Se considera una alternativa de aplicación inmediata y que puede resolver las dificultades de secado en un número importante de caficultores. La segunda etapa del experimento se iniciará próximamente.

Evaluación del proceso de secado de café, mediante la adecuación de carros secadores. ING-0820.

Se adelantaron los trabajos de simulación con base en el modelo de Thompson y en los resultados obtenidos se iniciaron las pruebas de secado en la Subestación de Paraguaito. Una vez concluidas éstas, se retroalimentará dicho modelo para definir las condiciones reales de operación del sistema de secado, con base en la información experimental a nivel de campo. Los primeros resultados experimentales para 4cm de espesor de capa, son muy similares a los obtenidos por la simulación. Esto es, el modelo de Thompson permite predecir el desempeño del equipo con buena precisión. En lo relacionado con el costo de secado es elevado, puesto que el consumo de gas propano fue muy alto, del orden de 8,38lb/@ de cps, con el equipo de trabajo. Se debe trabajar con equipos que tengan un desempeño más eficiente en el aprovechamiento de la energía (quemadores de mejor diseño). El sistema de operación con carros, permite disponer de capacidad de secado variable de acuerdo a la necesidad diaria del productor, esto es, desde la capacidad de un solo carro hasta las cuatro capas y poder secar café de contenidos de humedad diferentes en el mismo dispositivo. Una vez concluidas las pruebas y los respectivos análisis, se espera brindar una alternativa más a los caficultores y técnicos en el área de secado.

Rediseño de un secador mecánico de café con capacidad estática para 10@ cps. ING-0822. Este trabajo se adelanta en forma conjunta con la firma

PREMAC, de Medellín. Se pretende el desarrollo de nuevas tecnologías, para agilizar el proceso de secado del café, dirigido a los medianos y pequeños caficultores colombianos y brindar a los fabricantes opciones de construcción más económicas, que deben redundar en reducir costos de fabricación y por ende, en el costo del equipo para el caficultor.

Diseño y desarrollo de un sistema de control experto para el proceso de secado mecánico del café.

ING-0823. Se pretende desarrollar un sistema experto-difuso, que modele, describa y prediga, el proceso de secado mecánico de café. Además, formular una estrategia de control para el proceso, optimizar las variables de proceso, reducir costos de operación y brindar la posibilidad a los caficultores de que cuenten con procesos de secado mecánico mucho más rentables y eficientes.

Combustión directa en el secado del café

Si bien Cenicafé no recomienda el secado del café con combustión directa con combustible alguno, no es ajeno al incremento de esta práctica por parte de los caficultores. Por tanto, con el fin de disponer de información sobre el posible efecto del empleo de los gases resultantes de la combustión directa del gas propano sobre la calidad final del café secado siguiendo este procedimiento, se adelantan pruebas con dos equipos de fabricación comercial de las firmas Premac de Medellín y Sicotherm de Bogotá. Los resultados de los análisis organolépticos realizados en 16 muestras (8 por cada equipo) de igual número de pruebas, no reportan efectos sobre la calidad con posible origen en éste sistema de secado. En el inmediato futuro se continuarán realizando ensayos con combustión directa y se evaluará la calidad en taza utilizando diferentes quemadores de gas, con el fin de disponer de suficiente información para tomar decisiones sobre esta práctica de secado que se está adoptando rápidamente en Colombia.

QUÍMICA INDUSTRIAL

Calidad y composición química del café

Comparación de la calidad del café por procedencia y beneficio: Se evaluó la calidad sensorial de 66 muestras de café de variedades de *Coffea arabica* y *C. canephora* procedentes de Chinchiná (Naranjal) y tres sitios de la Sierra Nevada de Santa Marta, ubicados a tres altitudes: 1300, 1600 y 1770m. Las muestras de café arábica se procesaron por beneficio húmedo: Fermentación natural o remoción mecánica del mucílago; la variedad robusta se benefició por las vías húmeda y seca. Se analizó café variedad Colombia de fruto rojo y amarillo, Caturra, Borbón y robusta cultivado en Chinchiná y Colombia rojo, Caturra y Típica de la Sierra Nevada. El café procedente de la Sierra Nevada se destacó por su buena calidad física y en taza. Éste, fue favorecido por la sanidad del grano, ya que no presentó perforaciones de broca. El único defecto observado en el café de la Sierra Nevada fue el de fermento en tres muestras, debido a falta de control en el beneficio. La variedad Típica se destacó por tener sabor especial a limón y cereal en varias de las muestras analizadas. En ninguna muestra de café de cultivo orgánico de Chinchiná (variedad Colombia rojo) se presentaron defectos que ocasionaran su rechazo. Varias muestras de café de Chinchiná de variedades Colombia amarillo, Caturra y Robusta presentaron defecto contaminado en taza. Se destaca que éstas muestras recibieron tratamientos de insecticidas contra la broca del cafeto (Sumithion y Lorsban), 6 meses y 12 meses antes de su recolección. De todas las muestras analizadas el 12,5% presentaron calificación promedio superior a 7 y 32,2% correspondieron a la var. Caturra, 39% a var. Colombia rojo, 16% a Típica y 13% a Colombia amarillo. No se presentaron diferencias significativas en la calidad por el tipo de remoción del mucílago: fermentación natural o desmucilaginado mecánico, pero sí entre especies y tipo de beneficio. El 50% de las muestras de café arábica no presentaron ningún defecto que causa-

ra su rechazo, para el 22% de las muestras se aceptaron el 100% de las tazas preparadas. Las mejores muestras correspondieron a los cafés de las variedades Caturra, Típica y Colombia de la Sierra Nevada y Colombia rojo de Chinchiná. Las peores muestras correspondieron a robusta y Colombia amarillo de Chinchiná.

Calidad de mezclas de *C. arabica* y robusta: Se evaluó la calidad de 112 mezclas de café arábica con robusta. Café de las variedades Colombia rojo, Colombia amarillo, Caturra, Borbón y Típica cultivado en Chinchiná se mezclaron con robusta procesado por vía seca o húmeda en porcentajes del 5% al 67%. Para mezclas de café arábica con más del 20% de robusta se percibe el sabor a *C. canephora*, al menos en el 5% de las muestras preparadas con esta mezcla. Para porcentajes inferiores no es fácil reconocer el sabor a *C. canephora* en la mezcla, aunque se detectó para las mezclas de café con 5% de robusta procesado vía seca y variedades Típica y Colombia amarillo. La propiedad sensorial que más se afecta al mezclar café arábica con robusta es el amargo. La variedad robusta sin mezcla se rechazó el 100% de las veces por defecto fermento y sabor propio de "canephora".

Comparación de aromas por medio de un sensor electrónico. Se instaló e inició la calibración de un sensor de aromas. Se realizaron 32 análisis para comparar el aroma de 36 compuestos aromáticos, café almendra, café tostado y bebida de café. Se comparó el aroma del café según variedades, procedencia, tipo de beneficio, defectos y mezclas de café arábica y robusta. El sensor de aromas presentó buena repetibilidad en la respuesta para los compuestos aromáticos analizados; las señales fueron idénticas para los mismos compuestos entre diferentes "corridas" y la sensibilidad de la discriminación fue significativa. Para los compuestos aromáticos diferenciados los factores de calidad variaron de 4 a 124. La discriminación fue significativa entre los aromas químicos (nota medicinal y caucho) con los grupos aromáticos especiados y tostados. La diferenciación del sensor fue menos significativa entre aromas leguminosos como arveja, papa y pepino y algunos tostados. Para el café almendra y tostado el sensor presentó repetibilidad y significativa discriminación entre muestras de café con defectos (reposo y fermento), comparado con mues-

tras de buena calidad. Los aromas del café almendra de la Sierra Nevada (café sano y bien beneficiado) no fueron significativamente diferentes entre sí para el mismo proceso, pero la discriminación fue significativa para el café tostado, entre procesos de remoción de mucílago. Las muestras de café destacadas por su superior calidad sensorial se diferenciaron también por el aroma, medido electrónicamente. El sensor presentó discriminación significativa entre las especies *C. arabica* y robusta para el café almendra, tostado y la bebida. También, diferentes grados de reposo y fermento. Hubo diferencia también entre procesos de remoción de mucílago y entre mezclas de café arábica y robusta comparadas con café arábica. La discriminación fue mejor que la de los catadores para el aroma de las mezclas de café arábica y robusta: para el 5% de robusta en la mezcla la discriminación fue significativa $QF \sim 2$. Para 10% la discriminación fue muy significativa $QF \sim 4,4$, y para 15% la discriminación fue altamente significativa $QF \sim 18\%$. Desde el 20% de robusta la discriminación no fue significativa con respecto al robusta. Repetidamente el sensor mostró similar calidad de discriminación entre el mismo tipo de muestras de café. El sensor puede ser un instrumento muy objetivo para el reconocimiento de contaminaciones, defectos y adulteraciones del café.

Composición química del café. Se realizó la instalación y se inició la calibración del sensor de barrido infrarrojo para el análisis de la composición química del café. Se leyeron 382 espectros de café tostado y molido, y 237 espectros de café almendra de variedades de café identificadas por su origen, calidad y proceso. Se encontró que el contenido de cafeína, fibra, grasa, hierro y zinc pueden determinarse como análisis complementarios para la diferenciación de café por especies *C. arabica* y *C. canephora*. El contenido de cafeína y proteína en las variedades de arábica: Colombia, Caturra y Típica, no varió significativamente.

Sistematización del registro de datos, de pruebas sensoriales: Se realizó la instalación del software para el registro de datos de las pruebas sensoriales. Se crearon las páginas y las sesiones simples y combinadas para los análisis de identificación y ordenación de sabores básicos, perfiles de café, pruebas

de diferencia triangular y pareada que se realizan en Cenicafé. Se probó el funcionamiento de adquisición de datos y se analizaron los resultados.

Efecto de insecticidas y desinfectantes en la producción de anisoles: Se realizaron ensayos bioquímicos para medir la producción de anisoles por efecto de insecticidas, desinfectantes, hongos, clorofenoles, en café sano y perforado por la broca. Se iniciaron los ensayos para medir la producción de enzimas por el hongo *Penicillium variable*.

Funcionamiento del laboratorio de análisis de calidad del café y panel de catación: Se realizaron 20439 análisis sensoriales de café: 8676 de muestras de investigaciones conducidas en la disciplina sobre calidad de variedades de café de Chinchiná, Sierra Nevada de Santa Marta, defectos de café, mezclas de café arábica y robusta, y pruebas triangulares y pareadas para entrenamiento del panel de catación. Además, se evaluó la calidad de 9512 tazas de muestras de café de 13 investigaciones de otras disciplinas de Cenicafé. Se utilizaron métodos de diferencia, selección por atributos, ordenamiento, y el método descriptivo cuantitativo para calificar y describir la calidad del café. También se analizaron extractos, moras y otros productos.

Se atendieron 3 grupos de tostadores y compradores de café de los Estados Unidos, quienes compararon la calidad del café colombiano según variedad, tipo de remoción de mucílago y secado del café, evaluando la calidad de 1318 tazas de café. Se capacitó a un grupo de personas de Comités, la Disciplina de Fisiología y varias personas de Cenicafé en los análisis físicos y sensoriales de la calidad del café, los métodos, las pruebas, los defectos y las causas. Se continuó con la capacitación de 3 personas de Decafé como catadores de café. Se atendieron varias visitas de estudiantes, agricultores y personal extranjero en el laboratorio de calidad con conferencias y explicaciones sobre la calidad del café. Se asesoró a 5 estudiantes de práctica y tesis y 1 profesional en métodos de investigación, planeación y análisis de datos. Se escribieron 4 artículos científicos sobre la calidad y causas de los defectos del café.

Estudio del contenido de diterpenos en café: Se

ensayó la metodología de la norma DIN 10779 del Instituto de Normalización de Alemania, para la determinación de compuestos diterpénicos en café almendra y tostado. Se realizaron extracciones de la grasa a muestras de 1 y 5g de café verde molido seco con tamaño de partícula de 500µm, identificadas por su origen, beneficio y calidad física y sensorial. La extracción se realizó en un equipo Soxhlet con 4 y 20g de Na₂SO₄ anhidro y 250 y 350ml de Dietileter, respectivamente y durante 5 horas. Después de evaporar las muestras se procedió a realizar la saponificación con KOH etanólico, ácido ascórbico y perlas de ebullición, y se determinó el contenido de materia saponificable en cada una de las muestras; se realizó la separación de fases, se evaporaron las muestras y se cuantificó la cantidad de materia insaponificable obtenida. Luego, se concentró la muestra con diclorometano y se adicionó la fase móvil de acuerdo a la columna por emplear en el cromatógrafo.

Estudio del contenido de ácidos clorogénicos en café colombiano: Con el fin de determinar el contenido de ácidos clorogénicos en café almendra se realizó la extracción y purificación de varias muestras para su análisis por HPLC. Para la extracción, se molió la muestra, se adicionó una solución de metanol-agua, sulfito de sodio y se agitó a 4°C en la oscuridad. Se utilizaron 2 métodos de purificación: evaporación del solvente en rotavapor y el tratamiento de los extractos con agente de Carrez. Se presentan los resultados de las pruebas preliminares realizadas para 22 muestras de café y para 12 muestras de café almendra y tostado correspondientes a la evaluación de la primera etapa del experimento, para la determinación del contenido total de ácidos clorogénicos empleando la técnica de la A.O.A.C 14.025, mediante espectrofotometría U.V. a 324nm.

Cuantificación de Ochratoxina A en café: Para evaluar la estabilidad de ochratoxina A, OTA a la torrefacción, se realizó la cuantificación de OTA en café verde con humedades comprendidas entre el 10 y el 12% contaminado artificialmente, con cinco concentraciones de OTA y tostado posteriormente bajo diferentes puntos: bajo, medio y alto, que correspondieron a rangos en unidades de color > (-360), (-330) - (-360) y < (-330), respectivamen-

te. Se utilizó el método Ochratest, el fluorómetro y cromatografía líquida para cuantificar los contenidos de OTA en café verde y Ochratest y HPLC para el café tostado. El método consistió en primer lugar, en una extracción de OTA por medio de una solución 7:3 metanol: bicarbonato de sodio al 1%, para café verde y solución de bicarbonato de sodio al 1% para café tostado, seguido de una dilución del extracto en una solución al 2% en volumen de Tween 20 en un buffer fosfato salino (PBS), con filtración posterior. Luego, se realizó la purificación del extracto en una columna Ochratest, donde OTA es atrapada selectivamente por anticuerpos en una reacción inmunológica uno a uno, permitiendo así que los demás componentes del filtrado pasen por la columna sin ser atrapados. Finalmente, OTA se purificó por medio de lavados con PBS y agua destilada y la micotoxina se separó de los anticuerpos con NaOH 0,1 N para la cuantificación en el fluorómetro y con metanol para la medida por HPLC. Aunque los resultados obtenidos hasta el momento no son concluyentes, se observó que para el 93 y 100% de las muestras de OTA contaminadas natural y artificialmente, fue mayor la lectura en el fluorómetro que en HPLC y no existió una correlación directa entre dichos datos. Se encontró que aunque el proceso de tostación tiene efecto en OTA, la micotoxina no se degrada totalmente en el proceso, presentando una estabilidad que es independiente del punto de tostación del café.

Extracción de clorofenoles y cloroanisoles en café almendra: El promedio de los porcentajes de recuperación para *cloroanisoles* puros extraídos después de la estandarización de la metodología de extracción, fueron: 11,47% para el 2,3,5,6-TeCA y 25,25% para el 2,4,6-TCA utilizando el método *Likens Nikerson* y 21,5% para 2,3,5,6-TeCA y 35,5% para 2,4,6-TCA utilizando el método de referencia (*Fluido Supercrítico*). Los factores de respuesta (desviación estándar relativa promedio, RSD) para los métodos de extracción de cloroanisoles fueron: 2,82% *Fluido Supercrítico* y 24% para *Likens Nikerson*. La prueba de diferencia mínima significativa mostró variación a favor del método de extracción por *Fluido Supercrítico*, con un porcentaje promedio de recuperación del 27,8%. Los resultados de las concentraciones máximas, expresadas en (mg/kg) para los *clorofenoles* y *cloroanisoles* extraídos de las

muestras experimentales analizadas, mediante *Likens Nikerson* fueron: 1,9 para el 2,4,6-TCA y 0,21 para el 2,3,5,6-TeCA. Para el método de referencia, las concentraciones detectadas en (mg/kg) fueron: 0,78 para el 2,4,6 TCA; 0,41 para el 2,3,4 TCA; 0,11 para el 2,3,5,6-TeCA y 1,79 para el 2,3,4,5-TeCA. Aunque no se logró un porcentaje de recuperación significativo, (media superior del 80%) el mejor método de extracción para determinar la presencia de cloroansoles, es el de *Fluido Supercrítico* en cuanto a eficiencia, reproducibilidad, costo, rapidez y factores de riesgo en laboratorio.

Tratamiento de aguas residuales del beneficio del café

Tratamiento de aguas residuales a escala de laboratorio: Durante este año se experimentó en el laboratorio alimentando 3 reactores de columna, con sustrato ácido a temperatura de 30°C y adición de úrea a razón de 22g/kg DQO. Se hizo un seguimiento diariamente de los reactores durante 391 días continuos. Se logró aplicar en los reactores una carga orgánica máxima promedio de 14,34kg de DQO/m³r-día, con una eficiencia metanogénica media de 0,1477m³CH₄/kg DQO aplicada y el efluente, cumpliendo lo exigido en la legislación ambiental colombiana. Esta carga orgánica es superior en un 183,96%, a la encontrada operando con sustrato ácido a temperatura de 30°C, superior en 433,09% a la encontrada cuando los reactores operaron con sustrato suplementado con úrea a 22°C, y es 15 veces mayor al valor encontrado cuando los reactores se alimentaron con sustrato ácido a temperatura ambiente. Las pérdidas de lodo se presentaron en concentraciones de sustrato superiores a 4000ppm. La suplementación del sustrato ácido con úrea, aunado a la temperatura de operación de los reactores, 30°C, favoreció la producción de lodos durante 391 días de proceso. Aunque se presentaron pérdidas, la altura del manto de lodos se incrementó para todos los casos durante el tiempo que duró la experimentación, pasando de 54,5cm a 84cm, en la columna 1, de 56,2cm a 58cm en la columna 2 y de 61,8cm a 64,80cm en la columna 3. La producción de lodos para la columna 1 fue de 40,5cm, lo que representó 10,40g de sólidos totales/L, la décima parte de la inoculación inicial del

reactor. Se perdió, en esta columna, el 27,16% de la biomasa generada. Para la columna 2, la producción fue de 31,80cm y se perdió el 94,34% de la biomasa generada; para la columna 3 fue de 21,0cm y se perdió el 85,71% de la biomasa generada.

Postratamientos de aguas residuales a escala de laboratorio. Se encontró en el sistema de postratamiento con el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) una remoción de carga orgánica de 19,26% DQO y 67,50% de sólidos suspendidos. En análisis realizados al jacinto de agua se encontró un incremento del 158% en el contenido de nitrógeno en las hojas, 364% en los tallos y 317% en las raíces entre el inicio y el final del sistema de postratamiento, lo que demuestra su capacidad para retirar nitrógeno del agua residual. Se demostró la capacidad de la lenteja de agua (*Salvinia auriculata*) para retirar nitrógeno del agua residual e incorporarlo a sus tejidos, presentándose un incremento del 58,28% en su contenido de nitrógeno. Los valores de alcalinidad para el sistema de postratamiento con plantas acuáticas alcanzaron valores máximos entre 1100 y 1200mg CaCO₃/L. Los valores de alcalinidad encontrados para el sistema de postratamiento con microorganismos fueron ligeramente superiores a los mostrados por las plantas acuáticas.

Tratamiento de aguas residuales a escala de planta piloto. El reactor estuvo operando durante todo el período de evaluación. La concentración del sustrato de alimentación en el reactor de la planta piloto osciló, durante este período, entre 70 y 4800ppm, en términos de la DQO.

Arranque y experimentación reactor para identificación de microorganismos anaerobios. Se realizaron las etapas de maduración, arranque y adaptación de los microorganismos a sustratos ácidos en el reactor de experimentación, para el aislamiento e identificación de microorganismos aerobios y anaerobios. Se requirió un tiempo de maduración de 40 días y el de arranque de 138 días, durante el cual se logró incrementar la concentración del sustrato de alimentación de 300 a 10000ppm, en términos de DQO. La etapa de adaptación requirió de 179 días, en la cual se logró aplicar una carga orgánica de 0,99kg DQO/m³rd y el efluente cumpliendo con lo dispuesto por la legislación ambiental

colombiana. Se determinaron las pérdidas de biomasa en el reactor, durante los 11 muestreos que se realizaron en el desarrollo de la investigación, las cuales representaron el 75% de la altura efectiva del reactor.

Estudio microbiológico del proceso anaerobio de tratamiento de aguas residuales del café: Se estandarizó una metodología para la preparación de medios de cultivo líquidos y sólidos (caja y tubo) para la cuantificación y aislamiento de microorganismos anaerobios de los siguientes grupos tróficos: Bacterias sulfatoreductoras, bacterias fermentativas, bacterias metanogénicas acetoclásticas e hidrogenofílicas alcanzando unos potenciales de óxido-reducción que oscilaron entre - 363 mv a - 394 mv. Se obtuvo el mayor crecimiento de bacterias metanogénicas hidrogenofílicas y coliformes fecales sobre las muestras de estiércol de ganado vacuno, para las acetoclásticas el mayor crecimiento fue en las aguas residuales de lavado de café sin neutralizar. A través del reactor no se presentó una estratificación de los diferentes grupos tróficos evaluados. La carga microbiana en el reactor no sufrió cambios con relación a la carga aplicada, a diferencia de las bacterias metanogénicas hidrogenofílicas, en donde se obtuvo un mayor crecimiento para las menores cargas (300 - 500 ppm). Este crecimiento se debió posiblemente a la adaptación de los microorganismos a las condiciones de pH y al contacto con el biogas, (el cual contiene hidrógeno) y es aprovechado por estas bacterias. Se aplicó la metodología por microscopía de epifluorescencia para la identificación presuntiva de bacterias metanogénicas acetoclásticas e hidrogenofílicas, trabajando a una longitud de onda de 420 nm, dando estas bacterias una fluorescencia azul-verde. Se está ensayando la metodología por coloración de flagelos para la identificación microbiológica.

Funcionamiento del laboratorio de biodigestión anaerobia. Durante este período se entrenaron 5 personas en análisis bromatológicos y de las variables de contaminación de agua y los subproductos del café. Se realizaron 4092 análisis químicos a muestras (agua, mucílago, drenados, lixiviados, etc.) de experimentos de Cenicafé y otras Subestaciones. Se realizaron análisis de DQO, sólidos totales, sólidos suspendidos, pH, sulfatos, fosfatos, nitratos y dureza, entre otros.

Evaluación de un sistema para el tratamiento de los lixiviados de pulpa y mucílago producidos en la tecnología Becolsub, STLB. Primera Parte: Diseño, construcción y costos. A partir de las experiencias ganadas el año anterior en términos de lixiviados: Prototipo de fosa ecológica Subestación La Catalina, Práctica Universitaria relacionada con caracterización y balance de masas en un módulo BECOLSUB, se diseñó y construyó un STLB para un beneficiadero que produce anualmente 8000 @ cps, con el fin de realizar investigaciones encaminadas a resolver el problema de contaminación de agua que producen estos residuos. Los estudios se iniciaron desde enero de 1999 con sede en la Subestación La Catalina de Cenicafé. El STLB que se construyó está conformado por los siguientes componentes: Acondicionador de Pulpa AP, Unidad de Control de Insolubles UCI, Lecho de Secado LS y Filtro Preacidificador FP. El AP consiste en un recinto cerrado de 100m², fabricado en guadua, esterilla, ladrillo y plástico, al cual llega la mezcla de pulpa más mucílago subproducto del módulo Becolsub, utilizando para ello un tornillo sinfín de 6 metros de longitud fabricado en lámina galvanizada. El diseño de este componente busca producir efecto invernadero en su interior, para acelerar el proceso de descomposición y favorecer la deshidratación de la mezcla de pulpa y mucílago. La UCI se construyó en mampostería conformando un tanque de 2m³ de capacidad, provisto de un filtro horizontal fabricado en tubería de PVC de 1 1/2" y recubierto con malla mosquitera buscando retener en el interior los insolubles de los lixiviados provenientes de AP. El LS se construyó realizando una excavación de 2x1x0,5m (LxAxH), recubriendo el fondo con plástico para evitar infiltración de líquido, y llenando su interior con gravilla (d: 2,5cm); luego se recubrió con malla mosquitera para retener insolubles. Durante su operación presentó un buen desempeño, favoreciendo la deshidratación de los lodos que se descargan. El FP se fabricó realizando una excavación de 5,5x1x1m (LxAxH), recubriendo el fondo con plástico para evitar infiltración de líquido y llenando su interior con piedra y caliza (d: 5cm). Se ubicó a lo largo 9 puntos de muestreo. Este componente tiene como finalidad, aumentar el nivel de ácidos de la contaminación soluble presente en los lixiviados con el fin de acondicionarla para someterla a un tratamiento con SMTA. A julio de 1999 el

costo total del STLB construido en la Subestación La Catalina, fue de \$ 2.635.000 equivalente a US \$ 1492 (42,4% mano de obra y 57,6% de materiales) donde AP representó la mayor proporción de los mismos: 61,89%. Durante la construcción de AP la esterilla, el plástico, el ladrillo y el cemento, fueron los materiales más costosos, 11,8%, 11,7%, 11,6%, 7,6%, respectivamente. Se calcularon costos unitarios de construcción de US\$ 9,3/m² para AP, US\$ 66,4/m³ para UCI, US\$ 80/m³ para LS, US\$ 63/m³ para FP. De la evaluación realizada a julio de 1999, se estima que para tratar los lixiviados de pulpa mucílago producidos en la tecnología BECOLSUB, en una finca que produce anualmente 8000@ de cps, se requiere una inversión total de US\$ 0,33/@ cps, distribuidos así: STLB US\$ 0,19/@ cps y SMTA más FOP: US\$ 0,14/@ cps. A febrero de 1999 para tratar las aguas residuales de lavado del café en una finca que produce anualmente 1500@ de cps, se necesita construir un SMTA y un FOP que requieren de una inversión de US\$ 0,78/@ cps.

Evaluación de un sistema para el tratamiento de los lixiviados de pulpa y mucílago producidos en la tecnología Becolsub, STLB. Segunda Parte: Resultados preliminares y Discusión El STLB construido en la subestación La Catalina esta conformado por los siguientes componentes: Acondicionador de Pulpa AP, Unidad de Control de Insolubles UCI, Lecho de Secado LS y Filtro Preacidificador FP. Durante el período del presente informe se alcanzaron a realizar dos muestreos, los cuales permitieron determinar una eficiencia promedio de 84,4% en STLB y de 65,6% en FP, calculadas a partir de DQO promedio de 110.000ppm en AP (lixiviado puro), 50.000ppm y 17.200ppm a la entrada y salida de FP, respectivamente. Durante su recorrido por FP el lixiviado filtrado a través de UCI, mostró un comportamiento contrario a lo esperado, la acidez disminuyó a lo largo del filtro y desde la entrada, con los siguientes resultados: 86, 55, 44, 48, 52, 43, 43, 34 y 27 mg NaOH/gDQO. El pH para los nueve puntos de muestreo se presentó en forma ascendente: 4,0 como el valor del pH a la entrada y 5,8 el valor a la salida. La relación DQO/ST a la entrada y salida de FP fue de 1,45 y 1,76. Los análisis fisicoquímicos se realizaron siguiendo las metodologías descritas en el Manual de Biodigestión Anaerobia de Cenicafé. De acuerdo con lo

anterior, la mayor parte de la acidificación de los componentes de los lixiviados ocurrió en los componentes AP y UCI. La DQO del líquido a la salida de FP permite pensar que su efluente puede ser tratado con un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio SMTA. Se observó que: La concentración de la DQO de los lixiviados que salen de AP no se reduce durante su recorrido por el fondo. La DQO y el caudal de los lixiviados puede ser afectado sustancialmente por el ingreso de agua lluvia a AP. Durante la construcción de este componente, el plástico opera bien en el fondo y las paredes, pero para el techo es recomendable el uso de teja plástica transparente. En la UCI se puede incrementar la biodegradación de los lixiviados (hidrólisis y acidogénesis), ajustando su estructura interna y la estrategia de operación. El FP mostró una eficiencia promedio de 65,6% y el STLB de 82,8%, calculadas a partir de DQO promedio de 100.000ppm en AP.

Aprovechamiento del biogás generado en la biodigestión anaeróbica de las aguas residuales del proceso de beneficio húmedo del café:

La Planta Piloto de Biodigestión ha funcionado durante todo el año, a pesar de los diferentes inconvenientes que se han presentado: problemas de acidificación debido a la alta carga orgánica aplicada durante Octubre y Noviembre/98, fallas en el bombeo de aguas residuales desde el beneficiadero hasta la Planta y desde el reactor hidrolítico hasta el metanogénico, carencia de equipos de repuesto, problemas en el suministro de agua limpia y agua residual, lenta respuesta biológica, con la consecuente baja producción de biogás, insuficiente para realizar los ensayos propuestos. Durante los meses en los cuales no hubo disponibilidad de aguas residuales, por no presentarse cosecha de café, se mantuvo la carga orgánica aplicada en los valores mínimos necesarios para mantener la actividad microbiológica y fue necesario recircular solamente en aquellos episodios en los cuales no se contó con agua limpia para dilución en el tanque. Los problemas de respuesta biológica en la Planta se podrían resolver empleando estrategias investigadas por Rodríguez (1999) en columnas de laboratorio, quien ha logrado aplicar cargas orgánicas medias de 14,34kg DQO/m³-d, aproximadamente el doble de la máxima lograda en la Planta en la cosecha pasada.

Utilización de biotecnología basada en lombrices, para el postratamiento de las aguas residuales del café. Durante 90 días se evaluó un vermireactor compuesto por gravilla, arena, lombricompuesto y lombrices, como un sistema de postratamiento para las aguas residuales del beneficio húmedo del café tratadas anaerobiamente, encontrándose una carga orgánica media superficial aplicada de 0,269kg DQO/m²-día y removida de 0,178kg DQO/m²-día, las cuales fueron superiores en 2,8 y 2,3 veces, a las encontradas en otros sistemas de postratamiento utilizando plantas acuáticas y microorganismos aerobios respectivamente (Rodríguez, 1997). La eficiencia en la remoción de materia orgánica, fue el 75% de la que presentan los sistemas secundarios, cuando éstos son alimentados con sustratos sin neutralizar y a temperatura ambiente. Se determinó que el filtro físico (gravilla y arena) es el que hace la depuración, pues la carga orgánica aplicada fue 2,07 veces mayor y la removida 2,58 veces mayor a la que mostró el reactor conformado por filtro, lombricompuesto y lombrices. Sin embargo, se determinó el efecto positivo de la lombriz y la acción negativa del lombricompuesto como aportante de materia orgánica, que se podría resolver utilizando un lombricompuesto con menos carga orgánica. La remoción de N y P fue del 54,65% y 55,6% respectivamente, lo cual es positivo para evitar problemas de eutrofización si los efluentes van a ser vertidos a fuentes de agua como lagos o embalses.

Aprovechamiento de subproductos del café.

Fermentación vínica de la pulpa y el mucílago de café. Los subproductos del beneficio húmedo del café se sometieron a fermentación, con el fin de observar la factibilidad de obtener un producto que cumpliera con los requisitos de calidad fisicoquímica y organoléptica establecidos por el ICONTEC (NTC No.708) para vinos de frutas. El producto obtenido de mucílago fue el que más se asemejó a la muestra patrón (uva). Según la determinación de azúcares totales, los productos se clasificaron potencialmente como vinos secos; ninguno presentó contenido de metanol y todos presentaron aroma característico de alcohol. La pulpa presentó el mayor rendimiento en la destilación (54,7%). Se encontró que sería factible, después de lograr estandarizar la me-

todología para la producción de vino, y realizar estudios sobre añejamiento y refinación del producto, darle un valor agregado a la pulpa y al mucílago del café, contribuyendo a evitar que se conviertan en fuentes de contaminación del medio ambiente.

Caracterización fisicoquímica del mucílago y de la pulpa del café para la obtención de pectinas.

Se utilizó la metodología de la A.O.A.C (Association of Official Analytical Chemists) y metodologías tomadas del manual de Métodos Analíticos para el control de calidad en la Industria de alimentos. El contenido de azúcares totales en el mucílago fue de 6,25% en base húmeda y del 78 % en base seca. Para la pulpa de café se encontró un porcentaje de azúcares totales del 18,49%, b.s. Se estandarizó y evaluó la metodología gravimétrica para determinar el contenido de pectina, como pectato de calcio de mucílago y pulpa de café. Los resultados mostraron que el contenido de pectina para el mucílago fue 0,83% b.s. y 10,37%, b.h.; para la pulpa del café el contenido de pectina fue 7,97%, b.s. De acuerdo con el contenido de azúcares totales y el contenido de pectina encontrados en el mucílago del café y la pulpa de café, se concluye que estos subproductos pueden ser fuente importante como materia prima industrial en la producción de pectinas, en especial el mucílago de café. Se estandarizó y evaluó la metodología para medir el grado de dureza del agua proveniente del acueducto de la Granja y se encontró que por bidestilación del agua, se reduce el 99,8% de la dureza expresada en mg CaCO₃/litro de muestra. Se estandarizó y evaluó la metodología para determinar potasio en agua, a partir de la lectura de patrones preparados de KCl. Se evaluó la prueba de exactitud por adición de estándar para fosfatos.

Producción de pectinas a partir de pulpa y mucílago de café: Durante este período se realizó la caracterización de materias primas (pulpa y mucílago) y los procesos de hidrólisis, precipitación, purificación y secado de las pectinas obtenidas. Se está analizando la calidad y las características del producto. De acuerdo con la composición de la pulpa y el mucílago, se determinó que se pueden obtener, en promedio, 174g de pectina por cada 10kg de pulpa fresca y 82g de pectina por cada 10kg de mucílago fresco, lo que equivale a tener 8,76g de pectina por cada kg de café cereza. Se encontró

que para los tratamientos con pulpa, los mayores rendimientos del proceso se obtienen cuando la pulpa se hidroliza en medio alcalino en presencia de sulfito de sodio, tanto para la precipitación con etanol como con cloruro de aluminio. Para los tratamientos con mucílago se determinó, que cuando se hace la precipitación con etanol, los mejores rendimientos del proceso se obtienen cuando hay adición de polifosfatos, para ambos tipos de hidrólisis. En los tratamientos precipitados con cloruro de aluminio, los mejores rendimientos se encontraron cuando se combina la hidrólisis alcalina con adición de sulfito de sodio. Los mejores rendimientos de obtención de pectina se obtuvieron cuando se utilizó como materia prima pulpa de café y se precipitó con cloruro de aluminio. Para los tratamientos precipitados con etanol, los mejores rendimientos de pulpa y mucílago mostraron una obtención de pectina, a escala piloto, de 2,36g de pectina/kg de café cereza (el 26,94% del contenido analizado en las materias primas) y para los tratamientos precipitados con cloruro de aluminio de 6,21g de pectina/kg de café cereza, (el 69,63% del contenido determinado en el análisis de las materias primas). Las pectinas obtenidas de pulpa de café fueron de bajo metoxilo, con posibilidades de aplicación en la industria de la confitería y las obtenidas de mucílago fueron de alto metoxilo, con posibilidades de aplicación en la industria de las mermeladas. La pulpa residual del proceso de obtención de la pectina se utilizó para el cultivo de la lombriz roja y de hongos comestibles, lográndose para los tratamientos que mostraron los mejores rendimientos de pectina, incrementos de lombriz del 19,25% y 14,75% con tiempos de proceso del residuo entre 44,25 y 36,50 días y eficiencias biológicas del 44,66% y 46,80% en el cultivo de *Pleurotus ostreatus*. La recuperación de etanol para el tratamiento de hidrólisis alcalina de la pulpa con sulfito de sodio, fue de 369ml de solución alcohólica del 17% por cada 500ml de residuo filtrado, el cual mostró un valor de pH de 4,10, de DQO de 59733ppm y de sólidos totales de 58179ppm.

Cultivo de hongos tropicales en residuos agroindustriales. Se terminó la experimentación y se presentó el informe, en donde se demostró la factibilidad técnica de cultivar hongos del género *Pleurotus*, *Lentinula*, *Ganoderma* e *Hypsizygos* sobre

residuos agroindustriales presentes en la zona cafetera. Adicionalmente, se preparó un informe en donde se presentaron las causas de la contaminación en los cultivos de hongos y su posible solución. Se realizó una caracterización química de los carpóforos, en donde se encontró que *Ganoderma lucidum* es el que presenta el menor contenido de humedad (64,21%), seguido de *Lentinula edodes* (88,12%), *Pleurotus sajor caju* (89,22%) e *Hypsizygos marmoreus* (91,24%). En lo que respecta a la proteína *Pleurotus sajor caju* mostró un contenido del 29,15%, *Lentinula edodes* 17,83%, *Ganoderma lucidum* 15,71% e *Hypsizygos marmoreus* 6,88%, este último hongo fue el que mostró los mayores valores de cenizas y fósforo (6,61% y 2,13%). Los píleos de *Ganoderma lucidum* mostraron un mayor valor de proteína que sus estipes y estos a su vez un mayor contenido de cenizas con respecto a los primeros. En un ensayo artesanal de cultivo de este hongo sobre subproductos del café se logró una eficiencia biológica media, en la primera cosecha, de 16,41% sobre la mezcla borra de café-aserrín de zoca-aserrín de roble y de 15,14% sobre la mezcla borra de café-aserrín de zoca. Con el fin de observar la factibilidad de emplear los hongos en la alimentación animal, en la producción de abonos orgánicos o reciclarlos para el cultivo de otros hongos comestibles, se realizó una evaluación preliminar a los sustratos residuales del cultivo de *Lentinula* y *Ganoderma*, que presentaron 23,8% de humedad y 10,5% de proteína, el cultivo de *Pleurotus*, la humedad osciló entre 60,60% y 76,55% y la proteína varió de 15,19% a 20,50%.

Se encontró que los hongos *Lentinula edodes* y *Ganoderma lucidum* resultan promisorios, cultivados en residuos de la producción de café. Se encontraron serias deficiencias en el sistema de esterilización, razón por la cual se acordó mejorar los procedimientos de manejo del cultivo, para lograr eficiencias biológicas competitivas.

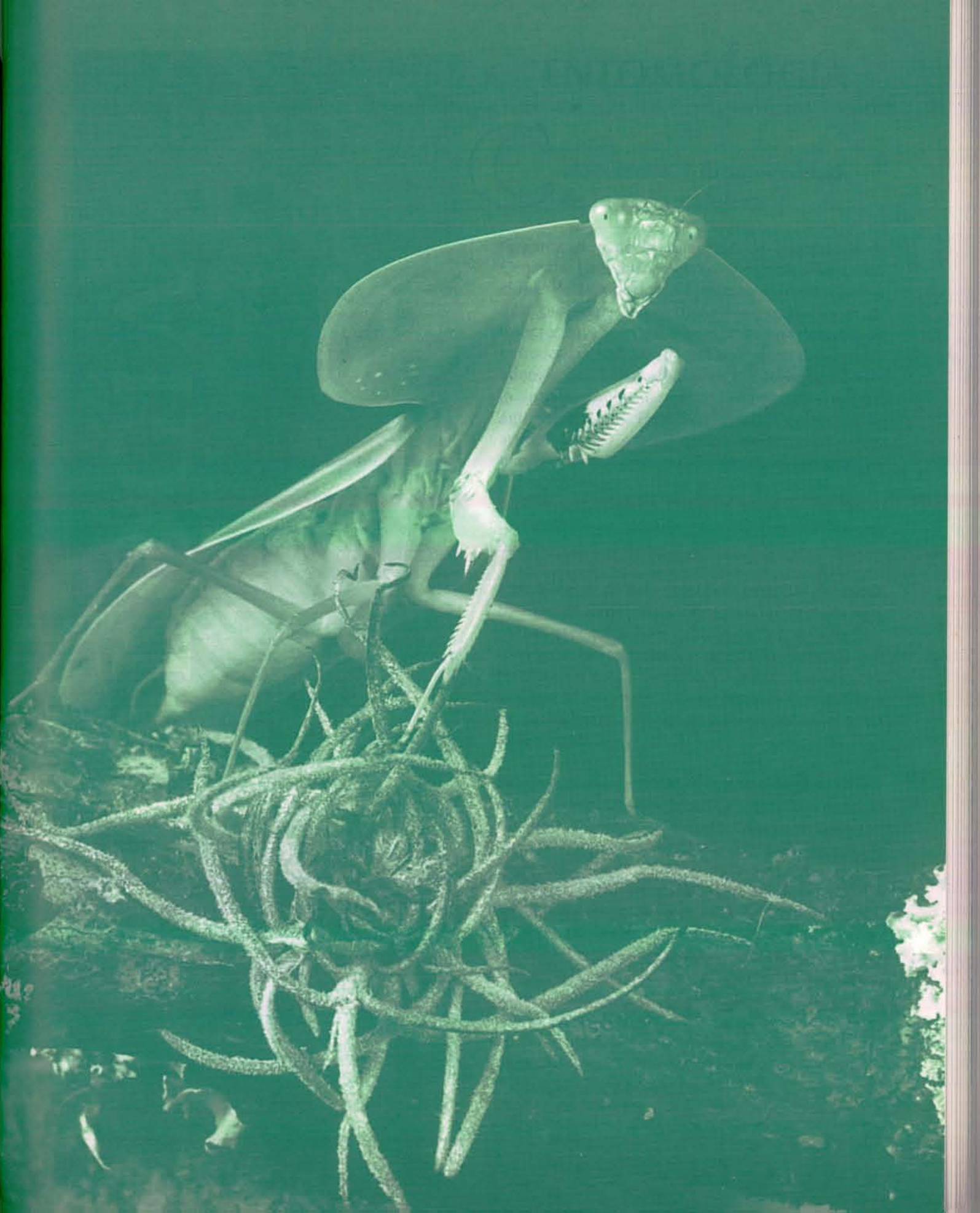
Utilización de cascarilla de algodón para mejorar las mezclas en el cultivo de *Lentinula edodes* y *Ganoderma lucidum*. La relación C/N de la mezcla mostró un valor de 40, lo que representa un alto contenido de proteína que no fue favorable para el cultivo de *Lentinula edodes*, pero si para *Ganoderma lucidum* que presentó una precocidad de 140 días.

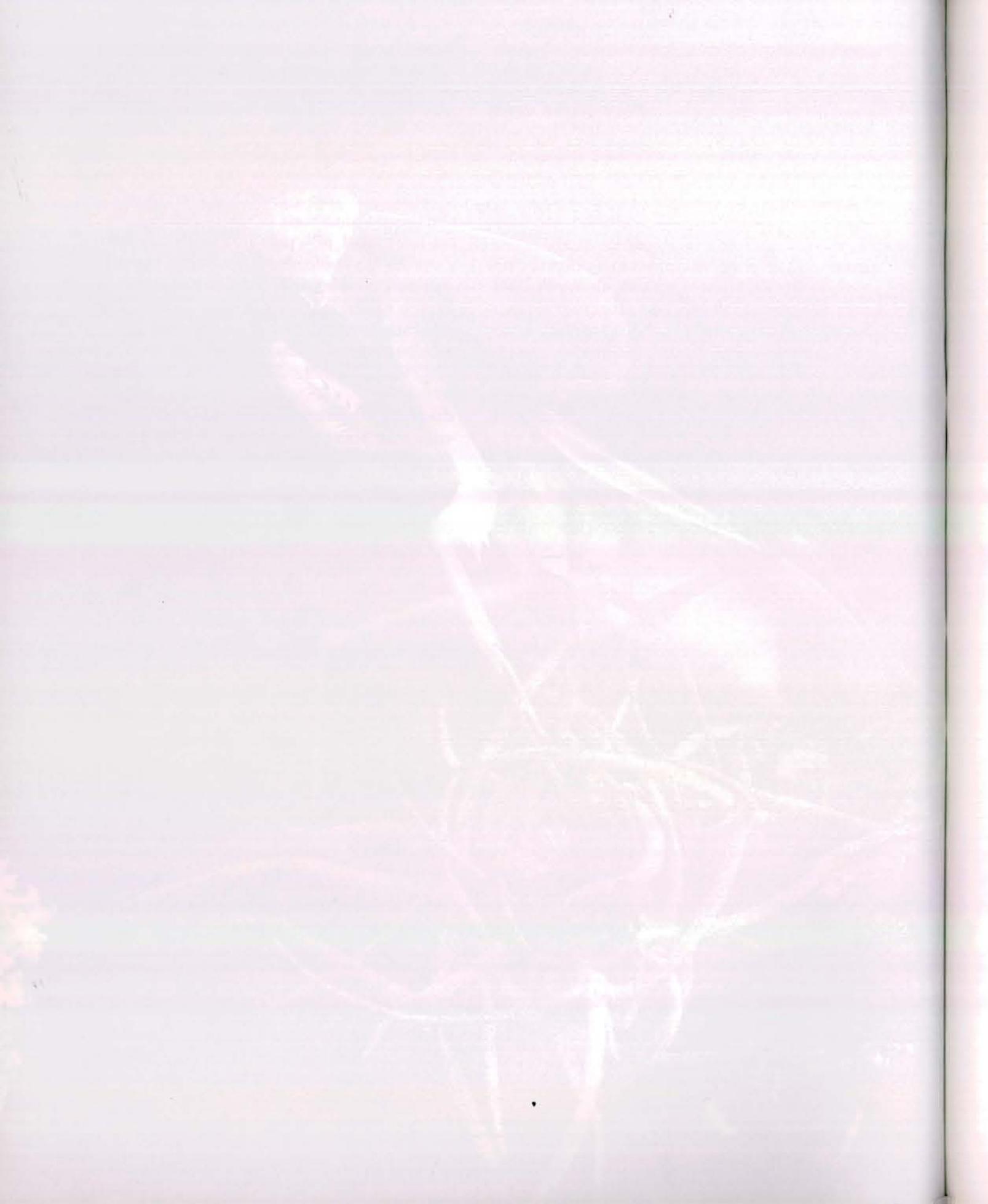
Uso de la Película plateada para el cultivo de *Pleurotus sajor-caju*. Experimentación realizada para llevar a cabo programa alimentario en la comuna dos de Manizales. Se hicieron diferentes formulaciones con la misma base, hasta encontrar que la mezcla compuesta de 48% película plateada, 48% de cascarilla y 4% de carbonato de calcio, presentaba mejor apariencia física y densidad para las necesidades del *Pleurotus sajor-caju*, obteniendo mejor desarrollo miceliar. Se buscaron las humedades óptimas para el cultivo por ensayo y error; también se cambió el sistema de esterilización, por un método sencillo y accesible a la población de escasos recursos. Se encontró que la humedad óptima es 60%, la cual se mantuvo utilizando aireación.

Utilización de los residuos del cultivo de *Lentinula edodes* en zoca de café- borra de café para apro-

vecharlos en la producción de *Pleurotus sajor-caju*: Los primeros resultados muestran rapidez en el desarrollo del micelio y ausencia de contaminación en el total de las bolsas inoculadas. El micelio se desarrolla entre 8 y 10 días más rápido que el encontrado en las mezclas de los otros experimentos (mezcla película plateada- pulpa de café: mezcla pulpa de café- hoja de plátano; mezcla pulpa de café- hoja de café)

Erradicación de mosquitos (*Phorida*, *Sciarida*) en los cultivos de *Pleurotus sajor-caju* En todos los cultivos realizados con el género *Pleurotus* se buscó también hacer cambios en la formulación y en el manejo del empaque (bolsas de polipropileno) buscando erradicar las diferentes clases de mosquitos. En los últimos experimentos, el mosquito logró ser erradicado.





Colecciones y biodiversidad de la zona cafetera

Organización de la colección de artrópodos de Cenicafé. La información que contienen las colecciones de artrópodos es fundamental para diagnosticar problemas en el manejo de poblaciones de insectos en el campo y brindan la oportunidad de conocer la biodiversidad existente en una región, además de que sensibilizan a la comunidad sobre la importancia de estos artrópodos en los agroecosistemas. En la actualidad la colección de artrópodos de Cenicafé aporta conocimientos científicos y tecnológicos a caficultores, estudiantes de todos los niveles y otras personas interesadas en aspectos ecológicos. Por otra parte es útil como herramienta de consulta para muchas investigaciones.

Como metas de esta colección están las de: incrementar, de forma sistemática, el número de especímenes asociados a los cultivos de la zona cafetera, identificar hasta género y especie los insectos que reposan en esta colección y realizar investigaciones que le sirvan de soporte técnico y científico a los agricultores y personas interesadas en el tema de los insectos.

Durante el año de 1999 se han venido desarrollando en parte estos objetivos lográndose la obtención de 2950 insectos, dentro de los que se registran especies nuevas de importancia económica para la colección y el país, como es el caso de *Drosichoides* sp. (Homoptera: Margarodidae), en aguacate; obtención de enemigos naturales de algunas plagas, estudios concernientes a la biología, el comportamiento y los ciclos de vida de algunos insectos, desarrollo de colecciones económicas, identificación hasta la categoría de género y especie de 185 insectos, obtención de 23 aislamientos de hongos entomopatógenos encontrados en el campo infestando insectos. Se brindó también el apoyo técnico y científico a los proyectos ETI 2102-1: "Reconocimiento de insectos y arácnidos asociados a siete

especies forestales durante la fase de vivero" y ETI-09-05: "Evaluación fitosanitaria de 5 variedades de *Macadamia integrifolia*".

Se atendieron un promedio de 5 visitas por mes entre caficultores del proyecto investigación participativa, estudiantes de escuelas, colegios y universidades; periodistas y otros visitantes del centro. Se atendieron 5 consultas de tipo técnico de los agricultores con la asesoría de los investigadores de la Disciplina de Entomología.

Biología, comportamiento y enemigos del picudo de los cítricos *Compsus* sp. En los últimos años se ha detectado la presencia de un insecto (Coleoptera: Curculionidae), en los agroecosistemas cítricos de la zona central cafetera. Este escarabajo se denomina comúnmente como vaquita o picudo de los cítricos, pertenece al género *Compsus* y para los productores de cítricos representa una plaga potencial.

De *Compsus* sp. asociado a cítricos se tiene muy poca información y con el desconocimiento de aspectos básicos como biología, comportamiento y enemigos naturales, se hace imposible establecer medidas racionales de control. Este proyecto de investigación tiene como objetivo contribuir al conocimiento bionómico del picudo de los cítricos.

El proyecto se inició en septiembre de 1998 y se vienen realizando actividades en el campo desde hace seis meses. Para cumplir con los objetivos se planearon cinco actividades divididas en nueve etapas, de las cuales se están desarrollando seis en fincas de producción comercial de cítricos en el municipio de Montenegro (Quindío) y en Armero-Guayabal (Tolima). Las principales actividades se han concentrado en: el establecimiento y mantenimiento de una colonia del insecto, descripción de la morfología de cada uno de los estados del insecto, estudio del comportamiento de la población del insecto en el tiempo y su relación con las condiciones climáticas y determinación de la duración de los estados subterráneos.

Hormigas asociadas con insectos chupadores en la parte aérea del cafeto. Las hormigas se encuentran en los cafetales solas o asociadas con otros insectos y afectan directa o indirectamente a las plantas.

El estudio tuvo como objetivos, coleccionar e identificar las hormigas y los insectos chupadores asociados, describir las relaciones que ocurren entre éstos y elaborar una guía de campo. Se reconoció un total de 114 asociaciones diferentes, encontrándose 30 especies de hormigas de las subfamilias Formicinae, Myrmicinae, Dolichoderinae y Ponerinae asociadas con 12 especies de chupadores de las familias Coccidae, Pseudococcidae, Aphididae, Ortheziidae, Aleyrodidae, Aethalionidae y Membracidae.

Los insectos chupadores del cafeto más frecuentes fueron: *Coccus viridis.*, *Saissetia coffea.*, *Planococcus citri.*, *Toxoptera aurantii* y *Orthezia* sp. Se presentaron tres tipos de relaciones distribuidas así: mutualismo (95,11%), comensalismo (4,57%) y depredación (0,32%). En las subestaciones de Supía (Caldas) y Líbano (Tolima), se encontró el mayor número de especies tanto de hormigas como de chupadores asociados. Las hormigas protegen indirectamente las colonias de chupadores del ataque de enemigos naturales mediante la limpieza y con coberturas, sin embargo, no ejercen una acción directa contra los hongos, parasitoides y depredadores que realizan un control natural y que regulan la población de homópteros.

Prácticas culturales y la broca del café

Dinámica poblacional de la broca. La evaluación mensual del nivel de infestación en más de 140 lotes por el método de las 30 ramas que se inició en 1994, mostró para el presente año concordancia con los registros de los cinco años anteriores, lo cual permite establecer que el nivel de infestación en frutos verdes comienza a subir en enero, alcanzando su punto más alto hacia mayo (final de la mitaca). Durante este período no se deben realizar aspersiones de agroquímicos que sólo protegerían de un 10 a 20% de la producción, resultando las recolecciones bien hechas de los pases de mitaca, la mejor práctica para controlar la población. Se considera que es durante este período cuando resulta más racional el control de la broca del café.

Del análisis de la metodología aplicada para medir mensualmente la broca, se concluye que el registro

del número de frutos brocados por rama, revisando 50 ó más ramas por lote, es suficiente para conocer la dinámica en el cafetal y tomar decisiones de manejo. Del registro periódico del número de frutos maduros brocados en el suelo, se concluye que:

- La mayor masa de estos frutos se acumula durante la recolección de la cosecha principal y es en este sustrato donde crece la población que se manifiesta en su más alto nivel durante la mitaca. También, que las lluvias durante el primer trimestre del año son un freno poderoso para amortiguar el crecimiento de la población en los frutos caídos durante la cosecha. El efecto de las lluvias se puede aumentar con la aplicación de pulpa o lombricomposteo en los focos, en dosis de 1 a 2kg por árbol en el plato. Esta materia orgánica parece favorecer la microfauna y microflora del suelo que se desarrolla en los frutos caídos.
- El hongo *Beauveria bassiana* como agente de control natural de la broca en el árbol aportó un efecto promedio anual del 20%, mostrando su máxima expresión hacia junio – julio y cayendo a final de año. No se encontraron diferencias relacionadas con la edad del cafetal y en cuanto a la sombra, se percibe un efecto mayor en el cafetal donde los árboles de sombrero están sembrados a 12 x 12m respecto a las distancias de 6 x 6 y 9 x 9m. Del análisis de los registros de incidencia de broca y de hongo se concluye que el mejor período para iniciar las inoculaciones de hongo en el cafetal es el bimestre abril – mayo.

Trampas y atrayentes. El programa de trampeo que se inició en un cafetal de Naranjal en 1996 se mantuvo durante 1999 y permitió establecer lo siguiente:

- Las numerosas capturas que se registraron al inicio de las lluvias en los años anteriores no ocurrieron en este período debido a que no ocurrió período seco de fin y comienzo del año.
- Las máximas capturas de este año lluvioso se registraron durante la mitaca, lo cual en cierta forma coincide con los registros de otros años.

Se evaluó un nuevo cebo que permite hasta triplicar las capturas obtenidas con el atrayente testigo (methanol + ethanol). Este nuevo cebo además de

alcoholes contiene café soluble, lo cual apoya la hipótesis de la comunicación química entre el café y la broca.

La evaluación de cebos con base en macerado de brocas muertas disuelto en solventes orgánicos (metanol, etanol, xilol y acetona) deja ver diferencias entre las capturas logradas con el macerado en acetona, lo cual hace pensar en la presencia de un compuesto (feromona?) en la broca que estimula la agregación, alimentación o reproducción. Se desarrolló además un modelo de trampa barato, al alcance del caficultor y de fácil elaboración, que supera en eficiencia a los modelos que se venían utilizando.

Evaluación del escape y la mortalidad de la broca durante la cosecha y el beneficio del café. Una investigación sobre el escape de la broca en los procesos de la cosecha y el beneficio arrojó las siguientes conclusiones:

1. Durante la cosecha se retira del cafetal hasta un 74% de los estados biológicos de broca que había antes de iniciar el proceso.
2. La población de broca que se queda en los frutos caídos en el plato del árbol durante la cosecha representa entre el 4,6% y el 12,4% de la población de broca que quedó en una hectárea, después de la cosecha.
3. Los mayores escapes de broca se observaron durante el secado, tanto cuando se usan marquesinas o secadores parabólicos abiertos, como en el caso de las elbas. En el proceso de lavado en los canales de correteo hubo considerable escape.
4. Los registros más bajos de escape de broca se detectaron en los costales, en los recipientes recolectores, durante la fermentación y en la tolva de recibo.
5. La mayor mortalidad de la broca se registró durante el secado de las pasillas en las marquesinas, durante la fermentación y durante el secado de las pasillas en elbas.
6. Los registros más bajos de mortalidad se presentaron durante el lavado del café, a partir de los costales, durante el tiempo que permanece el café en la tolva, durante el secado del café pergamino y en los recipientes recolectores.

7. El secado mecánico del café evita el escape de la broca y mata el 100% de la población de broca que se encuentra viva.

8. Para controlar el escape que se genera durante el secado de las pasillas, tanto en las elbas como en las marquesinas tradicionales, se sugiere usar marquesinas cerradas con tela para evitar el escape pero permitir la aireación del café y su secado.

Evaluación de los frutos de café que se dejan después de las recolecciones en fincas cafeteras de Caldas. El presente estudio estimó la cantidad de frutos dejados en la recolección durante un ciclo productivo del cultivo, relacionándola con los niveles de broca en campo y trilla y determinó los factores que influyeron en la calidad de estas recolecciones. El estudio se realizó en fincas de Marquetalia y Palestina.

Se compararon tres métodos de muestreo para evaluar la cantidad de café dejada después de la recolección. Se determinó la cantidad de frutos de café dejados después de cada recolección durante un ciclo productivo del cultivo en fincas pequeñas, medianas y grandes y se determinaron los factores que influyen sobre la variación en la cantidad de frutos de café dejados después de la recolección. Finalmente se correlacionó la cantidad de frutos de café dejados después de la recolección, la infestación de broca en el cultivo y los porcentajes de broca y pasilla en el café pergamino seco producido, durante un ciclo productivo.

Los resultados indican que para el municipio de Marquetalia se debe realizar la evaluación de la calidad de la recolección, utilizando el muestreo C, (10 árboles/ha) ya que las bajas densidades (árboles/ha) que se presentan, permiten que el muestreo sea suficiente para determinar qué tipo de recolección se realizó en el lote. En el municipio de Palestina se debe realizar la evaluación de la calidad de la recolección por el método de muestreo A, (30 árboles/ha) debido a que se presentan altas densidades de población; esto hace necesario tomar un mayor número de sitios como muestras para realizar un diagnóstico acertado del tipo de recolección que se realizó.

La cantidad de frutos de café que se deja después de cada recolección, durante un ciclo productivo del cultivo, es variable para los dos municipios y depende del tipo de finca y su tamaño.

Dentro de los factores analizados en ésta investigación no se presenta uno que explique directamente la variación de la cantidad de frutos de café dejados después de la recolección; son varios los factores que intervienen y se presentan de acuerdo a las características de ésta, las cuales se determinan por el momento en que se realice la recolección (cosecha, mitaca ó graneos esporádicos).

El incremento en el valor pagado para la realización de la recolección, no garantiza que ésta sea realizada adecuadamente. Las deficiencias en la labor de recolección ocasionan pérdidas de café pergamino seco (cps), por ende pérdidas económicas. Estas cantidades varían de acuerdo con el tamaño de la finca, la cantidad de frutos dejados por árbol, la densidad del lote, la calidad del cps (broca + pasilla) y el precio oficial del kilo de café en ese momento.

La realización eficiente o deficiente de la labor de recolección depende directamente de las decisiones administrativas que adopte él o los encargados de dirigirla. Dichas decisiones deben ser acordes con las características que presenta la recolección (kg de café en cereza por recolectar, número de recolectores que se necesitará, forma de pago, etc.), que son determinadas por la época en la cual se realice. La recolección no está siendo asumida como un método efectivo de control dentro del manejo integrado de la broca y como una labor por medio de la cual se pueda propender por la eficiencia en el cultivo del café.

Finalmente, este estudio mostró evidencias de que es factible durante la cosecha, dejar menos de 5 frutos de café maduro por árbol. Esta información se debe tener en cuenta por los cafeteros para establecer un control riguroso a los cosecheros y así, lograr mejores recolecciones que redundarán en reducciones de poblaciones de broca.

Estudio de la distribución del ataque de la broca del café y aplicación de métodos de muestreo. Uno de los principales componentes de cualquier pro-

grama de manejo integrado de plagas es el desarrollo de planes de muestreo eficientes, y para lograr esto es esencial el entendimiento previo de los patrones de disposición espacial de las poblaciones de insectos a través del tiempo, y en relación con la fenología del cultivo hospedante.

El análisis descriptivo de la distribución de la broca en 4 años de evaluación permitió identificar varias fases en el avance de la infestación: durante los primeros 7 meses en promedio el 93% de los árboles del lote permanecieron no infestados, y la dispersión inicial por focos, lo cual llevó a una alta variabilidad entre árboles ($CV > 400\%$) que se reflejó en un elevado número de muestras necesario para estimar el nivel de infestación bajo un muestreo aleatorio. En los dos meses siguientes hubo un explosivo incremento en la proporción de árboles infestados del lote, pasando de 6,8% a 70,1%, promovida por poblaciones de broca que migraron de otros lotes luego de zoqueados, lo cual demuestra la capacidad de la plaga para invasión en masa a distancias mayores o iguales a 200m. Se ajustó una función de preferencia para el ataque de la broca en relación con la edad del fruto descrita por un modelo geométrico. Se notó una tendencia a la agregación a todos los niveles evaluados (árbol, rama, nudo). El patrón de disposición espacial del ataque del insecto estimado mediante la distribución binomial negativa, ley de poder de Taylor e índice de Perry-Hewitt confirmó un patrón espacial agregado durante todo el período de evaluación, siendo más acentuado en los primeros meses.

Se encontró una relación significativa entre la proporción de árboles infestados y el porcentaje de infestación de frutos, la cual fue mejor descrita por el modelo de Wilson y Room. Con los resultados de esta relación y los estimadores de la ley de Taylor, se trabaja actualmente en el desarrollo de un plan de muestreo binomial para determinar los niveles de infestación de broca en el campo.

Evaluación económica y biológica de dos prácticas para el control de la broca del café. Este experimento, se está realizando con el objetivo de evaluar económica y biológicamente métodos de recolección de frutos del suelo y la aplicación del hongo *Beauveria bassiana*, para el control de la bro-

ca del café. Los resultados preliminares hasta el momento muestran que para el tratamiento de recolección de los frutos del plato y la calle, la mayor cantidad de frutos caídos en el plato se presentó en las parcelas planas con un total de 14.179 frutos y en las parcelas pendientes con 10.449 frutos, contrario a lo observado en la calle, en donde la mayor cantidad de frutos recolectados se presentó en las parcelas pendientes con un promedio 5.061 frutos y en las parcelas planas con un promedio de 4.868 frutos. En ambas condiciones predominaron, en mayor cantidad, los frutos verdes, seguidos en su orden en la recolección del plato, los sobremaduros, maduros y pintones, y en la recolección de la calle los maduros, sobremaduros y pintones.

En la recolección de los frutos en el plato del árbol, la mayor cantidad se registró en las parcelas planas con un promedio de 13.389 y en las parcelas pendientes de 11.896 frutos, y fue mayor la cantidad de frutos verdes con un promedio de 5.057 en los lotes planos y 4.369 en pendientes, seguidos por los maduros, sobremaduros y pintones.

En cuanto a los niveles de infestación, en el tratamiento de recolección de frutos del plato y la calle, el mayor porcentaje se presentó en las parcelas pendientes, con un promedio de 18,01 en el plato y 27,38 en la calle, y en las parcelas planas se obtuvo un promedio de 6,89 % en el plato y 19,37% en la calle. Los niveles de infestación promedio de la primera evaluación para cada uno de los tratamientos fueron menores que en la segunda evaluación, esto en razón a que la primera se realizó 8 días después de la infestación artificial y la segunda un mes después, tiempo suficiente para que la broca se estableciera en el lote experimental.

Actualmente se continúa con las evaluaciones de los tratamientos niveles de infestación, porcentajes de infección y producción de las diferentes parcelas, siendo ésta la que va a determinar la eficiencia de los tratamientos.

Modelo conceptual y matemático de poblaciones de *Hypothenemus hampei* en relación con la planta de café. Con el fin de proporcionar una herramienta útil para analizar la dinámica de poblaciones, reorientar y agilizar las investigaciones sobre la

broca del café, se inició un estudio para desarrollar un modelo de simulación del sistema real de este insecto. La fase inicial consistió en presentar un modelo conceptual del desarrollo de la broca en relación con sus interacciones con la planta de café. Basados en la teoría de Análisis de Sistemas se procedió a formular un modelo matemático el cual permitió conocer los parámetros requeridos por el modelo. Con la información existente en la literatura y trabajos previos llevados a cabo en Cenicafé, se definieron las necesidades de investigación para poder obtener la información pertinente para simular el sistema con el desarrollo de un modelo en computador.

Estudios de inhibidores del desarrollo de la broca

Evaluación de proteínas con acción inhibitoria sobre la sobrevivencia y desarrollo de la broca del café. Este estudio se ha concentrado, en su parte inicial, en el desarrollo de una metodología para la evaluación de estos inhibidores. No obstante haberse realizado dos evaluaciones con diferentes proteínas, los resultados obtenidos no permiten tomar datos confiables debido a la alta mortalidad de las hembras fundadoras y el bajo promedio en la producción de estados; sin embargo, se ha continuado realizando experimentos que conlleven a la determinación de los factores que están contribuyendo con la baja eficacia en la metodología aplicada.

Se ha podido determinar en los últimos ensayos que el porcentaje de humedad que mantiene la dieta es indispensable para el desarrollo de los individuos por evaluar; por esta razón, los altos porcentajes de mortalidad expresados en los estudios iniciales se debían mas bien a una alteración de las condiciones de incubación que al mismo efecto de las proteínas evaluadas.

Por último, los experimentos para encontrar recipientes que aseguren un manejo práctico y productivo, sugirieron que las cajas multipozos son las mejores, ya que permiten un fácil manejo y la obtención de resultados confiables. Además, si se pretende incorporar a la dieta cantidades muy pequeñas de la proteína, esto sólo resulta usando este tipo de recipientes..

Es importante realizar las evaluaciones de los últimos ensayos donde se exponen a tratamientos de café con proteína a larvas de primer instar por tiempos de 5 horas, con el fin de determinar la eficacia de esta diferente metodología que presenta mejores posibilidades de experimentación y donde el uso de las proteínas puede ser racionalizado.

Evaluación de posibles inhibidores de las enzimas digestivas de la broca del café, presentes en semillas de gramíneas y leguminosas. En el presente período se realizaron evaluaciones de diferentes extractos proteínicos provenientes de gramíneas y leguminosas sobre la sobrevivencia, crecimiento y desarrollo de la broca del café en dieta merídica. Las infestaciones se realizaron con huevos y/o adultos y las evaluaciones se llevaron a cabo durante 40 días, cada diez días, registrándose el porcentaje de eclosión, instares, mortalidad y número de estados producidos por una broca. Los resultados mostraron diferencias en las variables evaluadas con cada una de las proteínas, destacándose por su efecto inhibitorio los extractos provenientes de siete de ellos (*Phaseolus lunatus*, *Acacia decurrens*, *Adenantha pavonica*, *E. rubrinervia*, *Brachiaria decumbens*, *Dolonix regia*, *Cassia fistula*) los cuales presentaron diferencias significativas frente al testigo (Tukey al 5%).

Estimación del punto isoeléctrico y del peso molecular del principal inhibidor de amilasas presente en *Phaseolus vulgaris*. Los análisis de actividad de amilasas en adultos de la broca de café en geles de isoelectroenfoque, muestran la presencia de dos bandas mayoritarias de actividad y una minoritaria con un valor de pI cercano a 3,5. La actividad amilasa en este insecto, es inhibida sustancialmente (80%) por niveles relativamente bajos del inhibidor (aAI-1) proveniente de frijol común (*Phaseolus vulgaris*), y mucho menos por el inhibidor de amilasas extraído de semillas de *Amaranthus* sp.

Los zimogramas desarrollados *in situ* en geles de electroforésis demostraron claramente que esta técnica puede ser de gran utilidad para la evaluación de fuentes vegetales que contengan inhibidores específicos de amilasas digestivas de insectos. Con base en los experimentos presentados en este in-

forme, al parecer el inhibidor de amilasas (α -AI1) presente en las semillas de *P. vulgaris* es un candidato más promisorio que el de *Amaranthus* sp, con miras a la generación de plantas de café resistentes a broca, si se considera únicamente el criterio de la potencia del inhibidor. Sin embargo, se hace necesario probar la resistencia de estos inhibidores a las proteasas del tracto digestivo de *H. hampei*.

Caracterización de una proteinasa digestiva proveniente de adultos de la broca del café. El tracto digestivo de los insectos, contiene enzimas proteolíticas que participan en el proceso digestivo, las cuales son similares en sus propiedades catalíticas a aquellas encontradas en los mamíferos. Para plantear alternativas que permitan el control de *H. hampei*, se caracterizó la actividad proteolítica de una proteasa determinándose su concentración y tiempo de reacción; el perfil isoenzimático se analizó en geles nativos de poli(acrilamida) y la inhibición específica se evaluó con Pepstatin A.

Los resultados muestran que se trata de una proteinasa acídica con una actividad óptima a un pH de 3,0; ésta, alcanza su máxima actividad en una concentración de 287 μ g de proteína, en un tiempo óptimo de actividad de 2 horas al iniciarse la reacción. Teniendo en cuenta que es inhibida en más de un 90% por pepstatin en concentración 1 μ M y que hidroliza selectivamente hemoglobina pero no ABS, se clasificó como una proteinasa tipo Catepsin D. Los zimogramas en PAGE a partir de adultos e intestinos disecados, muestran dos bandas de actividad aspártico proteinasa bien definidas en ambas muestras.

Búsqueda y evaluación de inhibidores específicos contra α -amilasas digestivas de la broca del café.

Los inhibidores de enzimas digestivas de insectos son compuestos de naturaleza proteínica que se sintetizan en las plantas como respuesta al ataque de insectos y microorganismos patógenos y normalmente se almacenan en las semillas especialmente de gramíneas y leguminosas. Para determinar la presencia de proteínas con actividad inhibitoria hacia amilasas digestivas se realizaron evaluaciones *in vitro* de diferentes fuentes vegetales de inhibición. El análisis de la actividad biológica de algunos de estos iso-inhibidores, se hizo por medio de zimogramas

en geles de isoelectroenfoque IEF 3-9. La separación electroforética de las proteínas para los análisis de western-blot, se desarrolló en Phastgel gradiente 8-25%. En el Inmunoblot se emplearon anticuerpos policlonales obtenidos contra el inhibidor de amilasas presente en *Phaseolus vulgaris* (α AI-Pv).

Los resultados obtenidos muestran que los extractos crudos del inhibidor de α -amilasas provenientes de *Phaseolus coccineus*, inhiben sustancialmente la actividad de las α -amilasas digestivas de *H. hampei*. El western-blot mostró varias bandas de proteína que son reconocidas por los anticuerpos policlonales producidos contra el inhibidor de *P. vulgaris*. De acuerdo con estos resultados, se evidencia claramente que *P. coccineus*, al igual que otras especies, contiene diferentes iso-inhibidores de α -amilasas los cuales podrían ser de gran utilidad en la generación de material de café con resistencia a la broca, dada su gran especificidad frente a las amilasas provenientes de *H. hampei*.

Estudios sobre hongos entomopatógenos.

Recuperación, purificación y preservación de la colección de hongos entomopatógenos de la Disciplina de Entomología. *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* son hongos entomopatógenos que se utilizan como una herramienta de control biológico, contra la broca del café *H. hampei*, dentro del programa del Manejo Integrado de la Broca (MIB). Su preservación constituye una prioridad en las actividades que se desarrollan en diferentes aspectos que se relacionan con el uso de estos entomopatógenos en la Disciplina de Entomología de Cenicafé. Desde 1996 se vienen preservando los diferentes aislamientos de *B. bassiana* y *M. anisopliae* de la colección de hongos, mediante el uso de las técnicas de preservación en: Glicerol al 10%, Nitrógeno Líquido y Liofilización. El presente trabajo se realizó con la finalidad de purificar e identificar microscópicamente y macroscópicamente las características de estos hongos, para posteriormente preservarlos en glicerol al 10%. Así mismo, evaluar la viabilidad y porcentaje de humedad residual en los aislamientos liofilizados de *B. bassiana* y *M. anisopliae*.

Los aislamientos de *B. bassiana* preservados en glicerol al 10% y a -25°C , mostraron buena viabilidad al momento de ser recuperados. Contrario sucedió con *M. anisopliae*, en donde debido posiblemente a una inadecuada forma de almacenamiento, no fue posible recuperar gran parte de los aislamientos. En cuanto a los aislamientos de *Bb* y *Ma* liofilizados, se observó mejor viabilidad y porcentaje de humedad en aquellos que tenían un año de almacenamiento, frente a los que llevaban de dos a cuatro años.

Caracterización morfométrica de los aislamientos de *M. anisopliae*. En el presente año se complementó la información pertinente a la caracterización morfométrica de 22 aislamientos de *M. anisopliae* existentes en la Colección de Cenicafe. Las variables evaluadas fueron: tasa de crecimiento radial en 30 días de cultivo y producción promedio de esporas en medio de cultivo SDA. En cuanto a la producción promedio de esporas por aislamiento se obtuvieron diferencias significativas entre tratamientos, observándose la mayor producción de esporas para el aislamiento Ma9236 seguido del aislamiento Ma9227. La variable crecimiento radial presentó un ajuste lineal con un valor de $R=0,99$, la mayor tasa de crecimiento al día 30 fue obtenida por el aislamiento Ma9303 con 9,3cm, seguido por los aislamientos Ma9222 y Ma9228. Se presentaron diferencias significativas entre aislamientos a un nivel de significancia del 5%.

Establecimiento de algunos patrones de caracterización del hongo *Beauveria bassiana*. El cariotipo electroforético del hongo entomopatógeno *B. bassiana* (Bb 9116) se estableció a partir del material genómico aislado de protoplastos obtenidos de micelio joven que creció en un período de 18 a 24 horas en YPD, luego de la digestión de la pared celular del micelio, utilizando una mezcla enzimática de Lising enzyme, quitinasa y β -glucuronidasa.

Se realizaron pruebas de optimización tanto para la preparación de las muestras como para la determinación de las variables de la electroforesis, a partir de las cuales se obtuvo un patrón electroforético del cariotipo de muestras del aislamiento Bb9116 de *B. bassiana*, usando como patrones los marcadores de peso molecular *Saccharomyces cerevisiae* y *Schizosaccharomyces pombe*. Se observan 4 ban-

das en *B. bassiana*, de pesos moleculares correspondientes al rango de los registrados en otros trabajos. De esta manera, siguiendo el proceso estandarizado mediante la técnica de electroforesis en gel de campo pulsado de gel rotatorio (EGCP-GR o PFGE-RGE Pulsed Field Gel Electrophoresis-Rotating Gel Electrophoresis), es posible obtener el cariotipo electroforético de aislamientos de *B. bassiana*.

La estandarización consistió en un proceso bio-químico-físico, teniendo en cuenta que fue necesario identificar y especificar variables relacionadas con la biología del hongo en cuanto a su estado fisiológico óptimo, químicas para la preparación de la muestra, y físicas implicadas en la electroforesis como método de separación de moléculas grandes intactas utilizando la cámara de electroforesis de gel rotatorio.

Además, se hizo un seguimiento de algunas características biológicas de los 26 aislamientos de *B. bassiana* que se han reactivado y cultivado *in vitro* de forma permanente y continua en este estudio, las cuales deben ser seguidas e investigadas para lograr una manipulación efectiva del entomopatógeno como constituyente principal de un bioinsecticida útil en los programas de manejo integrado de plagas y específicamente, de la broca del café.

Teniendo en cuenta que el cariotipo electroforético es un estudio básico para desarrollar investigaciones puntuales en microorganismos de interés agronómico e industrial, se presenta un aporte valioso para continuar con estudios de genética y fisiología molecular aplicables en desarrollos biotecnológicos con base en hongos entomopatógenos con mayor potencial en el control biológico de insectos plagas.

Caracterización molecular de aislamientos de *Beauveria bassiana* mediante las técnicas de PCR y RFLP en los espaciadores internos de transcripción I.T.S. Cenicafe cuenta con 96 aislamientos de *B. bassiana* y 86 de *M. anisopliae* provenientes de diferentes localidades y condiciones ecológicas. Este material se está caracterizando para conocer su variabilidad genética y su estructura poblacional y utilizarla como herramienta para seleccionar aislamientos con potencialidad como bioinsecticidas.

Durante este período se adaptó la metodología de PCR - RFLP sobre los Espaciadores Internos no Transcritos (I.T.S.) del ADNr en el hongo *B. bassiana* y se utilizó sobre todos los aislamientos que hacen parte del cepario de Entomología de Cenicafé. Para tal propósito se llevaron a cabo dos actividades; en la primera se evaluaron dos parejas de iniciadores que amplificaran el segmento comprendido por el ITS1, la subunidad 5,8 S, el ITS2 y un fragmento de la subunidad 28S. Los resultados indicaron que la pareja de iniciadores ITS1 - PN16 amplificaron un fragmento de 920 pb en *B. bassiana* y *B. brongniartii*; cuando estos iniciadores se utilizaron con todos los aislamientos del cepario se obtuvo la amplificación de un fragmento de aproximadamente 920 pb en todos los aislamientos.

En la segunda actividad se evaluaron 4 de las 8 enzimas de restricción a utilizar siguiendo las instrucciones entregadas por las casas comerciales para cada una de las enzimas, sobre el fragmento amplificado por PCR en algunos aislamientos de *B. bassiana*. Los resultados entregaron polimorfismos entre aislamientos con la enzima Alu I, un patrón de bandas homogéneo con la enzima Sau 3 A I y la no presencia de sitios de restricción para Eco R I y Sst I. Estos resultados parciales indican que la metodología es confiable y reproducible y que permite evaluar la variabilidad genética en *B. bassiana* de la misma forma como se ha hecho con otras especies de hongos entomopatógenos.

Selección por resistencia a la luz ultravioleta de aislamientos de *Beauveria bassiana*. El objetivo ha sido evaluar la resistencia a la luz ultravioleta de aislamientos multiespóricos del hongo *B. bassiana*. Durante este período se evaluaron 19 aislamientos, con porcentajes de patogenicidad a la broca del café mayores del 80%, y se observó efecto de la luz ultravioleta sobre el porcentaje de patogenicidad sobre la broca del café, el porcentaje de germinación y la viabilidad de los aislamientos evaluados. En la variable porcentaje de patogenicidad sobre broca se observó una tendencia a la reducción en los aislamientos irradiados, pero en algunos se presentó incremento en los valores de la variable al cabo de la irradiación (Bb9016, Bb9116, Bb9202 y Bb9217). Sin embargo, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre estos aislamientos y el testi-

go no irradiado, lo que permite seleccionarlos para uso en programas MIB, una vez se compruebe su acción eficaz en la regulación de poblaciones de broca en condiciones de campo.

Incremento de la patogenicidad de *Beauveria bassiana* hacia la broca del café. El integumento de los insectos posee condiciones que pueden ser exploradas como fuente de nutrición para un grupo de hongos especializados. *B.* puede germinar, penetrar la cutícula e invadir el hemocelo causando la muerte de los insectos, sugiriendo que las condiciones necesarias para la germinación de las conidias y crecimiento hifal están presentes en el integumento del insecto susceptible. Dada la importancia que tiene el sustrato de producción en la virulencia de los hongos, se cuantificó y determinó la relación entre la patogenicidad de cuatro aislamientos de *B. bassiana* (Bb9007, Bb9009, Bb9015 y Bb9205) provenientes de insectos del orden Coleoptera, Hemiptera y Lepidoptera, cultivados en medio de cultivo SDA suplementado con integumento de broca al 0,5%, en buffer fosfato pH 7,0, al igual que la patogenicidad del aislamiento Bb9205 subcultivado durante cinco meses en el mismo medio.

Se observaron incrementos altamente significativos, superiores al 80%, en los cuatro aislamientos evaluados después de ser cultivados en el medio con broca macerada. El aislamiento Bb9205 subcultivado cada quince días en este medio, conservó la patogenicidad entre 87,5% y 100% con un tiempo promedio de mortalidad inferior a 3,7 días. El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre tratamientos ($P= 0,05$). Los resultados obtenidos indican que es posible que la mayoría de los aislamientos de *B. bassiana* puedan causar alta mortalidad a la broca del café, si permanentemente se proporciona al hongo el sustrato requerido para desarrollarse e inducir un paquete enzimático específico.

Actividad lipolítica y proteolítica de hongos entomopatógenos y su relación con la patogenicidad sobre la broca del café. Existen evidencias sobre una estrecha relación entre la actividad enzimática y el proceso infectivo de los hongos entomopatógenos sobre los insectos. Teniendo como objetivo desarrollar una metodología de cuantificación de la

actividad de lipasas y proteasas, se utilizaron aislamientos con diferentes porcentajes de patogenicidad, determinando en ellos el pH del medio, crecimiento, patogenicidad y actividad enzimática de las proteasas [(Grupo Azo $e=98 M^{-1}cm^{-1}$) y lipasas totales (P- nitrofenol $e=18,77M^{-1}cm^{-1}$). El análisis estadístico permitió establecer que la enzima proteasa mostró picos máximos de actividad hacia los días 5 y 7 de incubación presentando mayor actividad proteolítica los aislamientos correspondientes a *M. anisopliae* y en el caso de la lipasa, los niveles de máxima actividad se presentaron entre el 3 y 5 día de incubación sin presentar diferencias significativas entre los aislamientos.

Los resultados muestran gran variabilidad en el comportamiento enzimático con respecto a la patogenicidad, que puede ser asociada a factores internos y externos. Los resultados sugieren que la acción de las enzimas lipasa y proteasa juegan un papel importante en los primeros días de contacto del patógeno con el hospedante; se hace posible la degradación de los compuestos proteicos y lípidos facilitando la penetración del hongo en el insecto. Las técnicas estandarizadas permiten establecer que la acción de una enzima en sí no está determinando el grado de patogenicidad o virulencia de un aislamiento. Al igual que permite establecer un perfil enzimático de los diferentes aislamientos y seleccionar cepas promisorias para el control de *H. hampei*. Se recomienda estudiar los mecanismos implicados en la infección y muerte de *H. hampei*.

Fusión de protoplastos entre aislamientos de *Beauveria bassiana*. A partir de dos cultivos multiespóricos de *B. bassiana* Bb9205 y Bb9027, a los cuales se les determinó la actividad de la proteasa, se obtuvieron de cada fuente multiespórica cinco cultivos monoespóricos, sobre los cuales se evaluó la estabilidad de la actividad proteasa y la producción de pigmento a través de cuatro subcultivos. Posteriormente se seleccionó un monocultivo del aislamiento Bb9205 (9205(3)) y uno del aislamiento Bb9027 (9027(2)), corroborando por fotometría a 340nm la actividad de la proteasa, utilizando como sustrato de la reacción la azocaseína, y se registraron valores de actividad específica cero para el monocultivo Bb9027(2) y 0,061mmol de grupo Azo/min para el monocultivo Bb9205(3).

Luego de obtenido el producto de fusión se comparó con los aislamientos monoespóricos estimando los promedios de las variables: viabilidad, tamaño y número de núcleos del protoplasto utilizando la prueba de Duncan al 5%.

Los resultados de viabilidad, indican que el procedimiento utilizado tanto para la obtención de protoplastos como para la fusión, permite la recuperación de la muestra dado que se obtuvieron promedios mayores al 50%. Los tres aislamientos presentaron el mismo tamaño promedio de protoplastos, pero en cuanto al número de núcleos del protoplasto, el aislamiento fusionado Bb (2)+(3), mostró mayor promedio del número de núcleos (1,5).

Posteriormente los 18 aislamientos obtenidos de protoplastos de Bb9205 (3) y fusionados con protoplastos de Bb9027 (2), se evaluaron en el medio de gelatina para confirmar la presencia de la actividad proteolítica y la producción de pigmento, se encontró que el 5,5% de los productos expresaron las características actividad proteolítica positiva (H⁺) y producción de pigmento negativa (P⁻) el 44,5% de los productos expresaron P⁺ H⁻ y el 50% de los productos expresaron las características de ambos parentales.

Luego se seleccionaron aquellos productos que fueron positivos para estas dos características evaluadas a través de 4 subcultivos. Los productos Bb 1; Bb 13 y Bb14 mostraron siempre la misma valoración cualitativa con relación a la actividad proteolítica; los productos Bb 5 y Bb 6 presentaron igual comportamiento tanto en la producción de pigmento como en la actividad proteolítica; el resto de productos registró variabilidad de las características a través de los subcultivos. La metodología utilizada, permitió la recuperación de colonias con características de ambos parentales, las cuales se mantuvieron a través de 4 subcultivos; haciendo posible la obtención de una cepa con características deseadas.

Cuantificación de la actividad Fenoloxidasa, N-Acetilglucosaminidasa y Quitinasa de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* sobre *Hypothenemus hampei*. La mayor actividad N-

Acetilglucosaminidasa se presentó en los aislamientos de *B. bassiana* Bb9009 con máxima actividad en el día séptimo y Bb9010 presentó máxima actividad en el extracto del día 7 después del cultivo. Para la quitinasa *M. anisopliae* monospórico presentó una actividad de 5 u moles a las 18 horas (u moles por hora por mg de proteína) y *B. bassiana* presentó una actividad de 38 umol (umol / hora por mg) en el noveno día. Se puede observar que la actividad fenoloxidasa se presenta con mayor frecuencia en los primeros días después de cultivado el hongo y en presencia de broca. Para *B. bassiana* la actividad quitinasa y N-acetilglucosaminidasa en todos los aislamientos se observó que se presentó con frecuencia entre los días 7, 9, 15, y 20, esto posiblemente se debe a que la cutícula induce la producción de estas enzimas teniendo en cuenta que la agitación y la humedad ayudan a liberar fragmentos de cutícula que quedan expuestos nuevamente como nutrimentos para el hongo; además, la cutícula libera proteínas dejando expuesta la quitina donde actúa la quitinasa. La variabilidad genética, la ecología, la fisiología de los hongos y de los insectos, lo mismo que la resistencia de los insectos a los entomopatógenos son responsables de la variabilidad en la producción de las enzimas. Las enzimas forman parte integral del mecanismo de patogenicidad junto a las toxinas y al mecanismo de presión producido por el apresorio de los entomopatógenos.

Caracterización de cultivos monoespóricos de *Beauveria bassiana*. Se evaluó la estabilidad de las características patogenicidad, germinación y esporulación en los subcultivos de *B. bassiana* con respecto al cultivo monoespórico inicial. Esta se calculó a través del índice de heredabilidad para las variables consideradas, el cual indica la proporción en que la variación observada es de origen genético y por tanto, es reproducible en los subcultivos con relación al cultivo del cual proceden. Así mismo, se evaluó el grado de similitud genética de los subcultivos monoespóricos con respecto al cultivo inmediatamente anterior mediante la técnica de amplificación del ADN polimórfico al azar (RAPD). Por último, se realizó una caracterización enzimática cualitativa empleando el sistema comercial Apizym y la técnica de compuestos fluorógenos.

La heredabilidad de los subcultivos con respecto al cultivo inmediatamente anterior fue del 49% para la producción de esporas, para la germinación 51% y 65,3% para la patogenicidad. En el dendrograma generado de la matriz de distancias genéticas, con los primers 14, 23, 36, 50 y 57, se describen cuatro agrupaciones principales observándose en general una asociación entre los subcultivos obtenidos y el cultivo monoespórico del cual proceden. La caracterización enzimática de los cultivos monoespóricos mostró estabilidad en los subcultivos. Bb 9703 y 9704 presentaron la máxima actividad (escala de 1 a 5) para la enzima fosfatasa ácida, conservándose en los subcultivos con valores entre 3-5. Bb 9705 presentó una actividad de 3 y los subcultivos oscilaron entre 1 y 5. En contraste, la enzima B-galactosidasa fue la que menor actividad presentó tanto en los cultivos monoespóricos como en los subcultivos que de éstos se generaron. Este estudio mostró que hubo una mayor utilización de los sustratos (10 de 19) al igual que fueron superiores los niveles de la enzima con respecto a los cultivos multiespóricos. La actividad enzimática a través de la técnica compuestos fluorógenos, mostró que de los siete sustratos evaluados solo dos presentaron fluorescencia: N-acetil- β -D-glucosaminida y β -D-Celobiosido. Los cultivos monoespóricos al igual que los subcultivos, mostraron actividad para la enzima N-acetil-glucosaminidasa, en ambos métodos.

En conclusión, los valores de heredabilidad fueron intermedios pero de gran utilidad para la selección exitosa de cultivos monoespóricos que reproduzcan en algún grado las características, a través de los subcultivos. Estos resultados se corroboraron con el dendrograma, al existir una similitud genética entre los subcultivos con el cultivo inmediatamente anterior del cual proceden.

Caracterización fisiológica y molecular de cepas de *Beauveria bassiana*. Durante el presente período se hizo un nuevo análisis al grupo de 17 aislamientos, considerando la variable morfológica tamaño y las variables fisiológicas patogenicidad a la broca, producción de esporas, tasa diaria de crecimiento y germinación de esporas. Además, la variable molecular correspondiente a la respuesta de los 17 aislamientos en la prueba Rapds, utilizando los primers MR, 71 y RY. Teniendo en cuenta el con-

junto de variables fisiológicas evaluadas, el análisis multivariado mostró que los componentes que más contribuyen a la variación total son en su orden: porcentaje de germinación, tasa de crecimiento diario, producción de esporas y patogenicidad sobre la broca.

El dendrograma obtenido con base en el análisis de las variables moleculares permitió la clasificación de dos grupos de aislamientos. El grupo 1 conformado por 16 aislamientos y el grupo 2 por un sólo aislamiento (Bb 9023). El análisis de las variables fisiológicas clasificó tres grupos de aislamientos en una forma descriptiva, según el dendrograma. El grupo 1 conformado por 12 aislamientos, el grupo 2 por 1 aislamiento y el grupo 3 por 4 aislamientos. El análisis molecular permitió identificar diferencias entre aislamientos según la distribución geográfica, fue así como el aislamiento Bb 9023 procedente de Filipinas se ubicó en un grupo aparte (Grupo 2), lo que podría atribuirse quizás al insecto hospedante sobre el cual se encontró a (*Leptocorisa*, Hemiptera, Coreidae). Sin embargo, otro aislamiento procedente de insectos del mismo orden pero diferente familia (Bb 9008) se agrupó entre aislamientos provenientes en su mayoría de Scolytidae (Grupo 1). Los aislamientos pertenecientes al grupo 1, según la clasificación molecular son colombianos, a excepción del aislamiento Bb 9021, procedente del Ecuador.

Los grupos clasificados según el dendrograma de las variables moleculares fueron a su vez comparados en las variables fisiológicas y se observó que la única variable que mostró diferencias entre éstos fue la variable producción de esporas, con el mayor valor para los aislamientos del grupo 2 y el menor valor para los aislamientos del grupo 1. El análisis de la variable tamaño, utilizada como criterio de clasificación morfológica, mostró tres grupos de aislamientos, según criterio técnico de selección. El análisis de varianza de los grupos mostró diferencias estadísticas significativas entre éstos, según Duncan al 5%, con el mayor valor para los aislamientos del grupo 3 y el menor valor para los aislamientos del grupo 1. Los grupos clasificados según la variable morfológica fueron a su vez comparados en las variables fisiológicas evaluadas y se observó que la variable tamaño mostró diferencias entre éstos, con el mayor valor para los aislamien-

tos del grupo 2 y el menor valor para los aislamientos del grupo 3.

Los resultados obtenidos permiten definir 3 grupos de aislamientos, según la clasificación fisiológica y morfológica. Los grupos clasificados según la variable morfológica fueron comparados en las variables moleculares evaluadas y se observaron diferencias entre éstos, con el mayor tamaño promedio para los aislamientos del grupo 1 y el menor valor para los aislamientos del grupo 2. Los resultados obtenidos no muestran una diferenciación evidente de grupos de aislamientos según los criterios fisiológicos considerados; sin embargo, la clasificación molecular definió una separación evidente de grupos de aislamientos basada también en criterios morfológicos y fisiológicos. Dicha separación considera la procedencia geográfica, teniendo en cuenta que el aislamiento Bb 9023 es foráneo con respecto a los aislamientos del grupo 1 (colombianos) y en el cual se incluye un aislamiento procedente del Ecuador, cuya cercanía geográfica permite considerarlo dentro del grupo de estos aislamientos, asumiendo que a través de la frontera con el Ecuador se llevó a cabo la introducción de la broca del café a Colombia y por ende, del hongo *B. bassiana* como enemigo natural, transportado a nuevas áreas, a través del insecto. Si bien la caracterización molecular permitió definir una separación evidente de aislamientos, según localidad, se sugiere considerar en términos de selección de aislamientos aspectos fisiológicos que determinan la eficiencia de estos agentes de control biológico en la regulación de poblaciones de la broca en el campo.

En un análisis posterior, se realizó la evaluación de las variables morfológicas, fisiológicas y moleculares (según prueba Rapds, utilizando los primers 14, 36, 42, 47, 57), de un grupo conformado por 77 aislamientos de *B. bassiana*. De acuerdo con la agrupación dada por el dendrograma de las variables moleculares se clasificaron los aislamientos en 7 grupos que fueron comparados estadísticamente en las variables fisiológicas. El grupo 1 conformado por 3 aislamientos; el grupo 2 por 14 aislamientos; el grupo 3 por 6 aislamientos; el grupo 4 por 16 aislamientos; el 5 por 13 aislamientos; el 6 por 19 aislamientos y el grupo 7 por 6 aislamientos. El análisis individual de los diferentes aislamientos por grupo,

teniendo en cuenta el criterio de hospedante y localidad registrados en cada aislamiento, mostró en los aislamientos que conformaron el grupo 3, una franca similitud en cuanto a hospedante, registrándose aislamientos en su mayoría pertenecientes al orden Coleoptera, pero de diferentes familias: Scolytidae, Curculionidae, Anthribidae y géneros de insectos: *Hypothenemus*, *Araecerus*, *Rhynchophorus*, *Cosmopolites* y *Compsus*. Con respecto a la localidad geográfica los aislamientos se obtuvieron de la región cafetera central, específicamente en los Departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío. En los demás grupos de aislamientos no se observó ninguna tendencia definida de agrupación según hospedante y localidades geográfica.

Selección y optimización de parámetros para la evaluación del comportamiento fisiológico y bioquímico de esporas de *Beauveria bassiana*. Se almacenaron esporas del hongo *B. bassiana* durante un período de cuatro años, evaluándolas mensualmente para determinar el porcentaje de viabilidad y patogenicidad, velocidad y tipo de germinación, humedad relativa y finalmente, determinación del cambio en cuanto a tamaño y forma de la espora durante el almacenamiento. En total, se han evaluado 101 lotes de *B. bassiana* inoculado sobre sustrato de arroz industrial.

Los resultados muestran que durante 1996 y 1997 los porcentajes de viabilidad y patogenicidad disminuyen rápidamente. En años posteriores (1998 y 1999) estos valores presentan mayor estabilidad debido posiblemente a la sucesiva reactivación de la cepa sobre broca e igualmente a la estandarización de la técnica de producción, procesamiento y almacenamiento del bioinsecticida.

Al evaluar el tamaño y forma de la espora encontramos que en los años 1996 y 1997 la distribución del tamaño osciló entre 2,5 y 5,0 micras, en tanto que en la forma se encontró un mayor porcentaje de esporas redondas (63,74%). No se puede asegurar que esto se deba al almacenamiento prolongado del hongo; sin embargo, el tamaño y la forma de la espora cambian posiblemente al alterarse los niveles mínimos de agua residual y en consecuencia, se van a presentar reducciones de viabilidad y patogenicidad. En 1998 y 1999, en las esporas al-

macenadas se observó una mayor uniformidad de tamaños la cual oscila entre 3 y 5 micras y además, la espora conserva todavía una mayor proporción de aspecto redondo (87,5%).

Los resultados encontrados en cuanto a la velocidad de germinación muestran que a las 16 horas la mayor parte de las esporas han germinado, observando que en los lotes más recientes aparecen 3 tipos de germinación unipolar, bipolar y tripolar. Esta característica permanece durante los primeros 5 meses de almacenamiento. También se ha logrado optimizar una mejor técnica para determinación de carbohidratos por Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia, incrementando los niveles de detección desde 1,0mg/ml hasta 0,375mg/ml.

Estudio de la actividad entomopatógena de las enzimas quitinasa, lipasa y proteasa de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. En este experimento se han logrado establecer mayores valores de la cantidad de enzimas producidas en cepas patogénicas con respecto a las no patogénicas, valores que son influenciados por la composición del medio de cultivo. Teniendo en cuenta estos resultados y además, que estas enzimas son componentes necesarios para el crecimiento del hongo como enzimas totales, van a ser detectadas en hongos patógenos y no patógenos, impidiendo establecer una participación definida en la expresión de patogenicidad.

Por tanto, en esta etapa del experimento los ensayos están siendo orientados a la localización de aquellas isoenzimas que dentro de cada uno de los paquetes enzimáticos en estudio puedan aparecer o desaparecer como resultado del incremento o disminución de los valores de patogenicidad, presentados por un mismo aislamiento ocasionados por reactivaciones sucesivas por pase sobre broca o por desactivaciones sucesivas por pases sobre un sustrato menos complejo. De esta manera, las posibles bandas isoenzimáticas encontradas podrían relacionarse con la patogenicidad y además ser caracterizadas bioquímicamente para la posterior localización de los genes respectivos que estarían regulando su expresión en la interacción hospedante-patógeno.

Obtención de formulaciones de esporas aéreas de *Beauveria bassiana*, en polvo mojable. En este experimento se logró establecer formulaciones preliminares utilizando como ingrediente activo esporas que contienen un porcentaje de gránulos de arroz de tamaño inferior a 10 micras, que oscila entre el 2 y el 8 %. Los resultados obtenidos muestran preparados de gránulos inferiores a 180 micras de tamaño, de rápida desagregación al contacto con el agua y fácil dispersión en la dilución de la suspensión de esporas. Sin embargo, se está optimizando el grado de viscosidad que permita mantener homogéneamente distribuidas las esporas a través de la suspensión durante los tiempos que permanecería la suspensión en el tanque durante la aspersión en el campo.

Diseño de una formulación granulada de esporas de *Beauveria bassiana*. Se están evaluando granulados entre 100 y 800 micras de tamaño para probarlos en aspersión, ya que son gránulos de fácil desagregación. Se busca incrementar la estabilidad del biopreparado en el almacenamiento, así como su manipulación durante las aplicaciones del producto en el campo. Además, se han desarrollado granulados para aplicación en suelo, los cuales contienen inertes insolubles para incrementar el volumen del ingrediente activo (esporas) y facilitar la aplicación por espolvoreo en el suelo, alrededor del árbol. Los granulados preparados con arroz reciclado como diluyente presentaron buena estabilidad de las esporas, así como facilidad tanto en la obtención del biopreparado como en la aplicación en suelo.

Diseño de un granulado para la producción masiva de esporas aéreas de *Beauveria bassiana*. Se está evaluando un granulado de arroz fresco molido ó reciclado, como sustrato de producción de *B. bassiana* para la fase en superficie. La idea es incrementar la eficiencia del cultivo en superficie usando arroz cristal entero ya que en este caso el proceso es ineficiente, debido a que gran parte del arroz no es utilizado por el hongo. Los granulados ensayados hasta el momento permiten desarrollo y esporulación del hongo, pero en valores inferiores a los obtenidos sobre arroz cristal.

Control de calidad a formulaciones de hongos

entomopatógenos. Durante el período octubre de 1998 a septiembre de 1999 se realizaron 83 pruebas de control de calidad en formulaciones de hongos entomopatógenos utilizados para el control de la broca del café. Se siguen recibiendo muestras de los laboratorios comerciales, cooperativas y caficultores que las producen en sus propias fincas; igualmente se ha continuado entrenando a los productores comerciales y estudiantes que ingresan a realizar sus prácticas de laboratorio, sobre las pruebas de calidad. Las formulaciones analizadas para este periodo fueron: Brocaril, Cebiopest, Cepa Cenicafé, Conidia WG, Vecol y producciones en forma artesanal procedentes de caficultores y cooperativas. El análisis que se realiza a las formulaciones de entomopatógenos se basa en la evaluación de la calidad biológica y fisicoquímica.

Los resultados muestran que Brocaril y Conidia WG son las formulaciones que continúan presentando los mayores promedios en concentración de esporas/gramo, $5,1 \times 10^{10}$ y $3,6 \times 10^{10}$ respectivamente, seguidos por Vecol ($2,7 \times 10^{10}$) y la cepa Cenicafé ($1,2 \times 10^{10}$). El mayor porcentaje promedio de germinación de esporas a las 24 horas, lo presentó Conidia WG ($86,1 \pm 2,0$) seguido por la Cepa Cenicafé ($85,6$). El promedio de patogenicidad fue menor con respecto al año anterior en todos los productos evaluados. El mayor porcentaje se obtuvo para Cepa Cenicafé ($86,6 \pm 7,7$) seguido por Cebiopest ($81,5 \pm 8,8$). El tiempo de mortalidad se presentó entre 5,2 y 6,2 días y el producto que causó la mortalidad sobre broca en el menor tiempo (5,2 días) resultó ser la Cepa Cenicafé. En general, se observó una disminución en la calidad de las formulaciones evaluadas con respecto al año anterior; sin embargo, los resultados obtenidos en la mayoría de los productos cumplen con los parámetros establecidos.

Evaluación del almacenamiento de hongos entomopatógenos mezclados con materiales de relleno para su aplicación al suelo. Se evaluó el efecto de siete sustratos de fácil consecución en la finca (arena, limo, suelo orgánico, suelo común, pulpa, humus y aserrín), utilizados como material de relleno, en la conservación de las características biológicas: viabilidad y patogenicidad de los hongos *B. bassiana*, *B. brongniartii* y *M. anisopliae* mantenidos

en condiciones de almacenamiento de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ y humedad relativa de 70%.

Las evaluaciones se realizaron cada mes, durante seis meses (viabilidad) y cinco meses (patogenicidad) de almacenamiento. Al iniciar el experimento los aislamientos seleccionados presentaban porcentajes de mortalidad de 85% (Bb9205), 90% (Bbr9202 y Ma9236) y viabilidad de 81,7 (Ma9236) y 100% para Bb9205 y Bbr9202. Los materiales de relleno presentaban humedades que oscilaron entre 0,9 para arena y 11,5% para aserrín.

Al evaluar la viabilidad se encontró para Bb9205 recuperación de UFC del 98 y 100% en todos los materiales de relleno excepto para aserrín donde los porcentajes oscilaron entre 85 y 46 a lo largo de la evaluación. Para Bbr9202 la recuperación fue superior al 80 en los diferentes sustratos hasta el sexto mes; sin embargo, en aserrín presentó una recuperación más variable (93 y 46%). Para Ma9236, el mejor sustrato lo constituyó el humus, con valores entre 100 y 73% y diferencias significativas al sexto mes. Pese a la variabilidad encontrada entre hongos y entre tratamientos a través del tiempo, el comportamiento de *B. bassiana* y *B. brongniartii* fue más homogéneo, respecto a *M. anisopliae*.

El mejor sustrato para la conservación de la patogenicidad de Bb9205 fue la arena, con valores entre 70 y 89 % seguido por pulpa, humus, suelo orgánico y suelo común, con diferencias estadísticas no significativas. Para Bbr9202 fue el limo con el cual se lograron mortalidades entre el 40 y 90% a través de los cinco meses de evaluación, seguido por pulpa, arena y humus. Para *M. anisopliae* los mejores materiales de relleno lo constituyeron el suelo común, el humus y el suelo orgánico con variaciones no significativas. Sin embargo, es de anotar que en todos los sustratos la disminución de la mortalidad fue notoria a los cinco meses de almacenamiento con los hongos *B. brongniartii* y *M. anisopliae*.

De los resultados obtenidos se infiere que es posible la conservación de los hongos entomopatógenos en mezcla con los sustratos que presentaron mejores resultados, ya que conservan las caracterís-

ticas de viabilidad hasta por seis meses y de patogenicidad por períodos hasta de cinco meses para *B. bassiana* y cuatro meses para *B. brongniartii* y *M. anisopliae*, posibilitando además, la sobrevivencia y la aplicación al suelo para el control de la broca del café.

Comparación de formulaciones de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café en el suelo y su compatibilidad con fertilizantes. Los resultados analizados mediante prueba de contraste al nivel del 5% para la comparación de las formulaciones, no mostraron interacción dosis-formulación; o sea que no se presentó una tendencia clara en cual fue la dosis y formulación más efectiva contra la broca. Sin embargo, desde el punto de vista biológico, de persistencia en la superficie del suelo y de facilidad en las aplicaciones, el mejor tratamiento fue la formulación granulada de *B. bassiana* para las dos dosis evaluadas (1×10^{10} y 1×10^8) con mortalidades del 33,1% y 32,3% respectivamente, aunque según el análisis de varianza fueron iguales estadísticamente. Los tratamientos formulación en emulsión y artesanal, aplicados con agua presentaron índices de infección inferiores a los de la formulación granulada, pero el producto artesanal fue superior para la dosis mayor (26,7%) con respecto a la emulsión (12,6%).

La actividad correspondiente al segundo objetivo se refiere a la evaluación de la compatibilidad de varios fertilizantes (urea, cloruro de potasio, superfosfato triple, cal dolomítica, sulfato de magnesio y óxido de magnesio), en cuatro concentraciones (1, 5, 10 y 24g en 100ml de agua) mezcladas con un millón de esporas de *B. bassiana*. Los resultados parciales muestran compatibilidad de todos los fertilizantes con *B. bassiana*, excepto para las mayores concentraciones de superfosfato triple, en donde hubo completa inhibición en el crecimiento radial. Para este fertilizante solo se presentó crecimiento en la concentración menor (1g). Se concluye que es posible aplicar en forma simultánea tanto los fertilizantes (menos el SFT), como el hongo, disminuyendo así los costos de producción y de control biológico de la broca del café.

Se realizaron también algunos registros de insectos sanos colectados en los platos de árboles donde

fueron aplicados los diferentes tratamientos con *B. bassiana*, para demostrar que las aplicaciones de las formulaciones del hongo para el control de la broca no altera la permanencia de la entomofauna que allí permanece. Se podría concluir de acuerdo a lo observado en este experimento, que este hongo es específico a determinadas especies de insectos y que se podría buscar mayor especificidad en futuras investigaciones.

Producción, formulación y aplicación de *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café.

Los resultados de las investigaciones realizadas con *B. bassiana* permiten concluir que el hongo controla la broca aplicado como un biopesticida. En las pruebas de eficacia se obtuvo mortalidad hasta del 70 %, utilizando formulaciones nuevas con base en aceite y emulsiones de agua y aceite.

Las formulaciones industriales evaluadas son promisorias por la calidad. Presentan germinación superior al 85%, patogenicidad mayor del 90 % y cien por ciento de pureza. La concentración fue superior a $4,4 \times 10^8$ esporas por gramo. Este aspecto es bien relevante por cuanto las altas concentraciones están en relación directa con la eficiencia de la aplicación, los costos y la eficacia del control. En las pruebas de aspersión realizadas con esporas producidas industrialmente se obtuvo una adecuada aplicación usando equipos de ultra bajo y bajo volumen sin problemas de taponamiento de boquillas y permitieron alcanzar mortalidades superiores a 30% cuando se aplica con un cubrimiento de 10 gotas/cm² y tres esporas estimadas por gota en promedio. También permitió alcanzar mortalidades superiores al 70 % cuando se aplicaron 20 gotas con un promedio de 27 esporas/gota.

En estas pruebas se encontró inconsistencia de los resultados por contaminación de las brocas con el hongo *B. bassiana*. Esta contaminación creó gran variabilidad en los resultados de los bioensayos de patogenicidad y han colocado en tela de juicio el método de evaluación de la patogenicidad. Se evaluaron diferentes procedimientos de desinfestación de la broca y se encontraron resultados igualmente inconsistentes. No fue posible identificar la procedencia de los contaminantes ya que la desinfestación puede remover los contaminantes externos pero no

los internos de la broca. Por esto, se propone utilizar brocas criadas lo más asépticamente como en café pergamino seco o finalmente en dietas artificiales, aunque estas sólo estarán disponibles en un futuro.

Diseño y construcción de un sistema separador de esporas de *Beauveria bassiana*.

En la producción masiva de *Beauveria bassiana* la separación de esporas del sustrato es básica para garantizar una formulación bioinsecticida con alto contenido de esporas y que garantice sus características vitales. Se han desarrollado varios equipos para obtener una efectiva separación, utilizando elementos tales como cepillos para remover las esporas por fricción, desprendimiento de esporas por acción del aire, recolección de estas a través de precipitadores, ciclones y bolsas filtro. De los equipos existentes se rescataron elementos básicos que se ajustarán a las necesidades de separación y recuperación de esporas.

Para alcanzar una alta separación de esporas, esta investigación se ha venido desarrollando en tres etapas: diseño, construcción y evaluación del prototipo. En la primera etapa, diseño, se desarrolló estructuralmente el prototipo y se describió su funcionamiento. En el equipo, el aire pasará por una serie de filtros de purificación, alcanzará una velocidad mínima de fluidización y entrará al lecho para iniciar el proceso de separación. En esta fase, el aire se encontrará cargado de esporas e ingresará a un primer recolector ciclónico donde entrará tangencialmente y descenderá por las paredes del ciclón disminuyendo su velocidad, generando un vórtice de salida. Las esporas se almacenarán en el fondo del ciclón. Es probable que algunas esporas logren escapar en el aire de salida, creándose un segundo ciclón para recolectarlas. Por último, el aire libre de esporas pasará al ventilador centrífugo y saldrá finalmente del prototipo. El prototipo se diseñó para operar con una carga de 1.000g de hongo cultivado en arroz; los cálculos y dimensiones están enfocados al manejo de esta carga.

En la segunda etapa, se tendrán en cuenta todos los principios de cada una de las partes diseñadas en la primera etapa, utilizando materiales que se ajusten a las necesidades de cada uno de los elementos. La evaluación del prototipo es la tercera y última eta-

pa, donde se comparará el tamiz y el prototipo en cuanto a tiempo de separación y cantidad de esporas recolectadas, verificando que los procesos no afectan las características iniciales de la muestra. Se realizaron algunas pruebas preliminares de separación en un lecho fluidizado, obteniendo como resultado una separación de casi el 95% en un tiempo de 10 minutos, teniendo en cuenta que el tamiz actualmente separa casi un 70% del hongo en 40 minutos.

Desarrollo de un dispositivo para dispersión de esporas de *Beauveria bassiana* en los cafetales. Las trampas han sido una importante herramienta para la evaluación de poblaciones de insectos y en algunos casos, estas por si solas han llegado a ser un método de control. Dentro de las actividades adelantadas y con el objetivo de generar un elemento que permita infectar la broca del café con *B. bassiana* y dispersarla, se ha logrado desarrollar un nuevo atrayente para la broca que se denominó PANME0276. Este mostró ser más potente, en observaciones preliminares, que el tradicional compuesto de etanol + metanol, ya que se capturaron durante un periodo de 45 días, 3,3 veces más brocas (132.559 brocas en PANME0276 contra 39905 de los alcoholes).

Evaluación de formulaciones comerciales del hongo *Beauveria bassiana* para el control de la broca del café. El experimento se realizó en la finca La Palma, con el objetivo de evaluar la eficacia de diferentes formulaciones comerciales de *B. bassiana* sobre adultos de broca que están penetrando a los frutos. Las aplicaciones se hicieron con un equipo de aspersión Triunfo 40-100-10 al 1, 3, 8 y 15 días, después de la infestación y las evaluaciones se realizaron 20 días después de las aplicaciones. Los resultados mostraron que el nivel de infestación más uniforme se presentó un día después de la aplicación y fue muy variable a los 3, 8 y 15 días, posiblemente por lluvia y baja actividad de la broca.

Se pudo detectar que la mayor mortalidad, la produjo el producto Mycotrol con un 44,6%, seguido por las formulaciones *B. bassiana* en aceite de Agrevo, Botanigard 22 WP, *B. Bassiana* de Vecol, *B. bassiana* de la Planta Piloto de Cenicafé y por último Conidia, cuando se realizó la aplicación un día

después de la infestación. Cuando se realizó la aplicación 3 días después, la mayor mortalidad (45,9%) la presentó *B. bassiana* en aceite de Agrevo, pero como en el caso anterior no se presentaron diferencias significativas. A los 8 y 15 días, la mayor mortalidad se presentó en el testigo (36,6 y 56,2%), lo cual indica que hubo una alta infección del hongo en forma natural. Con base en estos resultados se puede concluir que se presentó una alta variabilidad en la infestación y mortalidad, por lo cual sería conveniente repetir el experimento para así determinar la eficacia real de las diferentes formulaciones de *B. bassiana*.

Estudios con parasitoides

Producción masiva de *Phymastichus coffea*. Los estudios con *P. coffea* han permitido ampliar el conocimiento sobre su comportamiento y eficiencia en condiciones de campo, y en laboratorio se han podido ajustar parámetros para su producción masiva. Durante octubre de 1998 y septiembre de 1999 han emergido 14'265.038 de adultos de *P. coffea*, manteniendo un pie de cría actual de 2'761.650. Los estudios sobre densidad de adultos por recipiente en cuanto a producción y la relación avispa hembra-macho, muestran que las mayores producciones se alcanzan con las relaciones más altas de hembras. Sin embargo, la mayor productividad se consigue con las menores relaciones de hembras por recipiente.

En cuanto a los machos no se presenta una diferencia significativa entre el número de machos por hembra pero si entre estos y los tratamientos donde no se liberan machos, los cuales presentan la menor eficiencia. En cuanto a la emergencia final, en todos los experimentos se encontró una alta mortalidad de machos que no emergen, la cual en general para todos los experimentos fue en promedio entre 60 y 80 %. Este factor está disminuyendo considerablemente el rendimiento final del parasitoide en laboratorio.

La mayor eficiencia alcanzada en la emergencia de adultos, se presentó con las menores relaciones de avispa hembras por recipiente, igualmente fue con las mortalidades de machos. En promedio, se producen 6-7 avispa por hembra, para la relación 10

adultos hembra/recipiente, y 3-4 cuando se liberan 150 adultos/recipiente. En cuanto al número de granos por recipiente, 50 y 100 granos por caja galletera, están mostrando los mejores resultados.

Los problemas más limitativos en la cría de *P. coffea*, han sido: la alta mortalidad de adultos de broca, durante los primeros ocho días después de la parasitación, en promedio 30%, y la mortalidad de machos en estado de pupa o adulto dentro del hospedante y la contaminación tanto de broca como del parasitoide.

Los resultados del experimento sobre el impacto de *P. coffea* sobre la broca en campo, mostraron que éste parasitoide puede parasitar los adultos de broca en todas las posiciones de penetración. Los porcentajes de parasitismo registrados fueron 80.01 %, 75.95 %, 56.16% y 34.32 % para las posiciones A, B, C y D, respectivamente. en un 85%.

Determinación de los tiempos de penetración de la broca a los frutos maduros de café en relación con el ataque de *Phymastichus coffea*. Este estudio tuvo como propósito establecer cuando se presentaba la broca y en que proporción en las posiciones A, B, C y D, a partir de una infestación inicial homogénea, buscando determinar el tiempo más apropiado de liberación de *P. coffea*. Los resultados de esta actividad muestran que en frutos de 120 días de edad, los mayores porcentajes de brocas en posición A se registraron a las 12 horas después de la infestación; la posición B, 3 días después de la infestación (DDI); la posición C, 8 DDI y la posición D, a partir de los 17 DDI.

Evaluación del parasitismo de *Phymastichus coffea* sobre broca en diferentes posiciones de penetración en frutos de café. El objetivo fue determinar si *P. coffea* es capaz de atacar a la broca cuando ésta se encuentra en cualquier parte del fruto de café. Los tratamientos consistieron en liberaciones del parasitoide, cuando la broca se encontraba en las posiciones A, B, C y D. Los resultados indican que el parasitoide ataca a la broca cuando ésta se encuentra en cualquier posición de penetración, pero los porcentajes de parasitismo son más bajos a medida que la broca penetra el fruto.

Evaluación del superparasitismo de *Phymastichus coffea* usando tres relaciones diferentes de parasitoide y broca. Se buscó comprobar el comportamiento de superparasitismo de *P. coffea* en tres relaciones de parasitoide: broca y determinar la influencia del superparasitismo en el desarrollo de *P. coffea*. Se evaluaron tres tratamientos consistentes en diferentes relaciones parasitoide: broca (1:5, 1:1 y 5:1); se hicieron tres evaluaciones los 5, 15 y 25 días después de la liberación (DDL). Los resultados mostraron que *P. coffea* presenta superparasitismo en todas las relaciones evaluadas, pero fue menor cuando la relación parasitoide: broca era mayor en favor de las brocas. Sin embargo, los porcentajes disminuyeron a través del tiempo debido a la presencia de mecanismos de supresión fisiológica que regulan la población del parasitoide al interior de la broca. Lo anterior permitió concluir que, a pesar de que el parasitoide presenta el comportamiento superparasítico, este no tiene ninguna influencia en cuanto al porcentaje de parasitismo, y mortalidad del insecto como efecto de la acción del parasitoide.

Establecimiento de *Prorops nasuta* y *Cephalonomia stephanoderis*. La introducción y establecimiento en el campo de *P. nasuta* y *C. stephanoderis* se continúa realizando a través de veredas demostrativas establecidas con el Servicio de Extensión y el Convenio ICA-FEDERACAFE. En total se han liberado en el presente período 282.695.565 de *C. stephanoderis* y 89.936.000 de *P. nasuta*, para lo cual se han coordinado 46 envíos a los Comités y 51 para el Convenio ICA - FEDERACAFE.

Transferencia de tecnología sobre parasitoides. En transferencia de tecnología y capacitación se han ofrecido ocho charlas técnicas a los Comités de Cafeteros sobre producción, uso y manejo de los parasitoides y una a Honduras, Ecuador, Guatemala e India, dentro del convenio ICO - CFC- Cabi Bioscience-Cenicafé, al igual que se han realizado envíos a Honduras, Guatemala y Ecuador del parasitoide *P. coffea*.

Desarrollo de la broca en café pergamino húmedo para la producción masiva de sus parasitoides. La obtención de adultos de *H. hampei* para la cría masiva de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops*

nasuta, se realiza a partir de grano cereza infestado en el campo. La multiplicación de estos imagos sobre grano pergamino se considera una buena alternativa para cerrar el ciclo de producción de la broca y sus parasitoides. En la unidad de cría de parasitoides, en cuartos con temperatura y humedad relativa a 25°C y 80% respectivamente, se realizaron dos experimentos: en el primero se determinó la humedad inicial adecuada del grano pergamino para la producción de broca. Se evaluaron 6 valores de humedad iniciales: 51,29%, 49,5%, 48,41%, 45,21(testigo), 44,07% y 43,33%. Los tratamientos se distribuyeron en un diseño completamente al azar, con cinco repeticiones. Las variables de análisis fueron: producción de estados, porcentaje de infestación y contaminación. En el segundo experimento se evaluaron dos tratamientos de hidratación: con agua y con cloruro de benzalconio al 0,5%; cada uno con 6 repeticiones. Las variables de análisis fueron: porcentaje de contaminación y producción de adultos. En el primer experimento, la producción de estados respondió significativamente a las humedades, a favor de 43%, 44% y 45% con 7,5; 10 y 8,7 estados por grano, respectivamente. En cuanto al porcentaje de infestación, el testigo presentó el más alto nivel con 65,6%. La contaminación entre tratamientos presentó diferencias significativas, siendo inferiores al testigo las humedades 51% y 44% con 2,16% y 3,1%, respectivamente. Por tanto, se consideró la humedad 44% como la adecuada para la producción de broca.

En cuanto al segundo experimento, la variable contaminación se evaluó mediante la prueba t, encontrándose que el tratamiento con agua produjo un porcentaje de contaminación significativamente menor al de benzalconio con 0,5% y 1,8%, respectivamente. En el tratamiento con agua emergieron en total 159.459 adultos y en el de benzalconio 201.734 de los cuales, el 92,4% se colectó durante los primeros 16 días. La hidratación con benzalconio presentó una mayor contaminación del grano, pero a su vez, permitió obtener la mayor población de adultos en un menor tiempo de emergencia, lo cual lo hace recomendable puesto que facilita el proceso de infestación. En promedio, por cada grano se recuperaron 4,8 adultos (38%). Este bajo rendimiento fue causado por la muerte de los adultos dentro del grano por el ataque del *Aspergillus flavus*. Del

presente trabajo se concluye que la producción de broca en café pergamino húmedo es una alternativa que necesita de estudios adicionales que permitan reducir la mortalidad de adultos dentro del grano.

Evaluación de desinfectantes para combatir contaminaciones en la cría de broca en dietas merídicas.

Una de las limitaciones para el desarrollo masivo de insectos en laboratorio lo constituye la presencia de hongos contaminantes, que provienen en su mayoría de la colonia de insectos utilizados para la cría. Dentro de los contaminantes más frecuentes en la cría de broca en dieta se destaca la presencia de *Aspergillus flavus* y ocasionalmente, *Aspergillus niger*. Por tal razón el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto *in vitro* de los fungicidas carbendazim en concentración del 0,3% y tiabendazol en concentraciones del 0,05; 0,04; 0,03; 0,02 y 0,01%, colocados en medio de cultivo Sabouraud Dextrosa Agar e incorporados a la dieta. El mayor efecto inhibitorio fue causado por el fungicida carbendazim con un halo de inhibición de 4,4cm, seguido por el tratamiento tiabendazol (0,03%), con un halo de inhibición de 3,4cm. Con los resultados obtenidos *in vitro*, se incluyeron los fungicidas en dieta para la cría de broca, utilizando las dosis señaladas. La producción de estados biológicos de broca se evaluó a los 30 días de cría, y el efecto se comparó con un testigo absoluto, dieta sin fungicida. Los resultados mostraron que el mayor promedio de estados biológicos de broca se obtuvo con el tratamiento carbendazim ($22,3 \pm 9$ DE) seguido por el testigo ($19,7 \pm 8,9$ DE). La producción fue menor en el tratamiento tiabendazol ($16,5 \pm 7$ DE). Se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos con fungicidas a un nivel de significancia del 5% (Tukey). En todos los tratamientos el desarrollo y aspecto de los estados biológicos encontrados fueron similares al testigo.

Los resultados permiten inferir que el fungicida carbendazim en la dosis evaluada en dieta, no presenta efectos deletéreos sobre la reproducción de la broca y posibilita su inclusión en los programas de cría masiva de *H. hampei*.

Con base en estos resultados se preparó la dieta sin fungicida (testigo) y con el fungicida carbendazim

en concentración del 0,3%; se distribuyeron "pellets" de dieta en bandejas de teflón de 36 x 18cm, con diferente número de porciones de dieta: 300, 250 y 200. En la dieta testigo al noveno día de infestación se registró 1% de contaminación y al día 20 el valor fue del 37%, mientras que para el tratamiento con carbendazim ésta fue del 9,7% al final de la evaluación (40 días) la reducción en la contaminación fue del 62%. En ninguno de los tratamientos se encontró reproducción de la broca, la cual no puede ser atribuida a un posible efecto tóxico del fungicida, ya que en el tratamiento testigo no hubo descendencia.

Evaluación de desinfestantes superficiales para la broca del café. Se evaluó el efecto de dos métodos de desinfestación de las brocas (aspersión e inmersión) procedentes de la unidad de cría de Cenicafé y de la empresa Agrobiológicos y tres productos (hipoclorito de sodio, formaldehído y Sanivec). Los mayores porcentajes de contaminación se presentaron en el tratamiento Sanivec para las dos procedencias. El mayor promedio de estados biológicos se obtuvo con formaldehído y las brocas de la unidad de cría: $27,96 \pm 8,73$, siendo este tratamiento el de mayor eficiencia. Sin embargo los resultados obtenidos hasta el momento no han permitido seleccionar un tratamiento óptimo para la desinfestación de las brocas.

Capacidad de reproducción de la broca en una dieta meridica. En cuanto a la relación óptima de brocas para realizar la infestación se observó que utilizando la relación 1:1 el promedio de estados biológicos fue de $22,94 \pm 8,86$ y de $23,28 \pm 11,15$ cuando la infestación se realizó con dos hembras. Se observó que el promedio de producción de estados biológicos no fue mayor al infestar con dos hembras debido posiblemente a la calidad del material biológico utilizado. Igualmente se evaluó el efecto de dos temperaturas de incubación (26 y 21,5°C), encontrándose que a 26°C se obtiene mayor reproducción y eficiencia.

Con el fin de conocer la capacidad reproductiva de la broca se utilizaron pupas obtenidas en dieta, se individualizaron hembras y machos hasta que pasaron a adulto y posteriormente, se infestó dieta empleando dos relaciones hembras: machos de 3:1 y

2:1. No se presentaron diferencias en la producción de estados biológicos entre las dos relaciones $36,8 \pm 15,3$ y $34,7 \pm 13,4$ para las dos relaciones, como tampoco en la producción obtenida con brocas fundadoras provenientes de campo $26,4 \pm 17,1$. Con estos resultados se inició la evaluación de la producción de estados biológicos a través de generaciones sucesivas realizando cruces de población obtenida de campo y de dieta, con miras a dilucidar el efecto que se cree tiene la dieta sobre la población, como pueden ser: desbalance nutricional que altera la capacidad de oviposición, disminución de la cópula entre individuos de dieta o biotipos específicos adaptados a dieta.

Con el fin de establecer la causa de la disminución en la producción de estados presentada en los últimos meses, se evaluó otra preparación de dieta en la cual se incluyó la adición de ácido ascórbico, colesterol y carbendazim (D- 200), comparada con la dieta Cenibroca y dieta testigo (Villacorta y Barrera). El mayor promedio $32,4 \pm 17,2$ se obtuvo con la dieta D- 200, seguida por la dieta testigo ($19,5 \pm 11,6$).

En el período comprendido entre junio 21 y agosto 19 se prepararon 145 bandejas de la dieta D-200 colocando 150 pellets por bandeja de teflón, en una relación de infestación 2:1 (brocas/pellets) en las cuales sólo se obtuvo descendencia en el 40% (58 bandejas), con una producción mínima de 9 estados biológicos y máxima de 1561. El porcentaje de porciones efectivas, es decir, el número de porciones donde se encontraron estados biológicos de la broca, fue del $13,85 \pm 10,87\%$, demostrando la subutilización del sustrato cuando se emplea este tipo de recipientes. Respecto a la contaminación se observó que es dependiente de las condiciones climatológicas y de la calidad de las brocas, ya que este valor fue para algunos días del 0% mientras que para otros fue del 100%. Basados en estos resultados se ha iniciado una producción de broca utilizando cajas multipozo que permiten mantener la hembra individualizada en la porción, si embargo no permiten la parasitación directamente en este recipiente.

Efecto de la temperatura en el desarrollo de *Hypothenemus hampei* usando la dieta artificial

Cenibroca. Este trabajo se realizó con el fin de determinar la influencia de la temperatura en el desarrollo y potencial reproductivo de *H. hampei* usando la dieta artificial Cenibroca. Los experimentos se llevaron a cabo en cámaras climatizadas calibradas a temperaturas constantes (23; 25, 27 y 29°C). Los resultados obtenidos mostraron que el efecto de la temperatura sobre el tiempo de desarrollo, la capacidad reproductiva y las tasas de incremento poblacional de la broca fueron significativamente diferentes entre tratamientos ($p < 0,05$). La duración de huevo a adulto fue de $30,8 + DE=2,4$ días, $27,9 + DE=1,97$, $24,7 + DE=1,9$ y $20,1 + DE=2,5$ días a 23, 25, 27 y 29°C respectivamente. Los valores máximos de fecundidad bruta (λ) se obtuvieron a 25°C y 27°C ($40,9 + DE=21,15$ y $39,4 + DE=21,7$ individuos por broca 0,5cc de dieta, respectivamente) sin diferencia significativa entre ellas ($p > 0,05$) pero diferente significativamente con relación a 23°C y 29°C. Los valores más altos de la tasa neta de reproducción (R_0) se obtuvieron a 25°C y 27°C, mientras que a 29°C ocurrieron los valores más altos en la tasa intrínseca de crecimiento (r). El valor más bajo de este parámetro se presentó a 23°C.

Ciclo de vida y parámetros demográficos de *Cephalonomia stephanoderis* sobre *Hypothenemus hampei* desarrollado en dieta artificial bajo cuatro temperaturas constantes. Se evaluó el efecto de cuatro temperaturas (23, 25, 27 y 29°C) sobre el desarrollo y parámetros demográficos del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* criado en broca del café desarrollada en la dieta artificial Cenibroca. El análisis estadístico mostró el efecto significativo de la temperatura sobre el desarrollo de estos parasitoides ($p < 0,05$) ($F=549,35$, $DF=3$ y 716 , $p=0,001$). Los mayores valores de tiempo de desarrollo de huevo a adulto, período de preoviposición, período de oviposición y longevidad se obtuvieron a 23°C, mientras que a 29°C los tiempos fueron más cortos. El porcentaje más alto de mortalidad en todas las temperaturas ocurrió en estado de larva. Los porcentajes más altos de parasitación fueron encontrados en estado de prepupa seguido del estado de pupa y únicamente una pequeña población se encontró parasitando larvas de segundo instar, estos porcentajes no presentaron diferencias significativas entre temperaturas ($p > 0,05$). La temperatura 23°C con la más alta tasa neta de reproducción (R_0)

(46,15 hembras/hembra fundadora) y el mayor tiempo generacional (T) (47,38 días) obtuvo la menor tasa intrínseca de crecimiento (r) (0,089). A 29°C presentó los valores más bajos en cuanto a r y T con 24,93 hembras/hembra y 32,8 días, respectivamente, pero se obtuvieron los valores más altos en (R_0 , 106).

Efecto de diferentes relaciones del parasitoide *Propriops nasuta* sobre *Hypothenemus hampei* en campo. Para integrar el parasitoide *P. nasuta* dentro de la estrategia de manejo de la broca, se requiere de estudios sobre su capacidad de control y la relación parasitoide-hospedante adecuada, para alcanzar niveles bajos de daño por *H. hampei*. El objetivo de este experimento fue determinar la relación de *P. nasuta* por fruto brocado más eficiente, para el manejo del insecto plaga. El trabajo se realizó en la subestación experimental "Paraguacito" de Cenicafé, en el Municipio de Buenavista (Quindío), a 1.250msnm. La unidad experimental estuvo conformada por 10 árboles de café de tercera cosecha, con una infestación inicial de 24,2%. La separación entre parcelas experimentales fue de 23 m. Los tratamientos consistieron en cuatro relaciones de liberación; 1:1, 3:1, 9:1 y 27:1 de avispa por fruto brocado. La liberación del parasitoide se realizó cuando los frutos presentaron estados biológicos que permitieron a la avispa alimentarse y parasitarlos. Los parasitoides se liberaron utilizando bolsas con café pergamino brocado y parasitado por la avispa, próxima a emerger. Se utilizó un diseño completamente al azar con arreglo factorial 4x3 (cuatro tratamientos y tres estratos del árbol) con seis repeticiones. Las variables analizadas fueron porcentaje de parasitismo de la avispa sobre broca, número de estados biológicos de *P. nasuta* e *H. hampei* por fruto, evaluadas a los 10, 20 y 40 días después de la liberación (DDL). También se evaluó el número de frutos brocados por árbol y porcentaje de infestación por la plaga a los 30 y 60 DDL.

A los 10 DDL el mayor parasitismo (13%), se obtuvo con la relación 9:1, que fue estadísticamente igual a la relación 3:1 (con un parasitismo de 7,4%). Este mismo comportamiento se observó a los 40 DDL. A los 20 DDL todos los tratamientos fueron iguales. La máxima reducción de estados de broca por fruto fue de 67,3% observada a los 10 DDL con la

relación 27:1, que resultó estadísticamente igual a la relación 3:1 (48,5%). Para los frutos brocados y porcentaje de infestación por *H. hampei* y estados biológicos de *P. nasuta* por fruto no se presentaron diferencias entre tratamientos.

En los estratos alto y medio del árbol se obtuvieron los mayores porcentajes de parasitismo y estados biológicos de *P. nasuta*, aunque las bolsas de liberación se ubicaron en el estrato bajo. De acuerdo a los resultados obtenidos el parasitoide *P. nasuta* mostró una gran capacidad para reducir poblaciones de *H. hampei*; siendo la relación más eficiente la de 3 avispas por fruto brocado. Además, se pudo corroborar que el efecto del parasitoide depende de su capacidad de depredación y parasitismo.

Impacto de liberaciones de *Prorops nasuta* sobre poblaciones de broca después de las cosechas en dos pisos altitudinales. El uso de enemigos para el control de la broca, requiere del conocimiento sobre las épocas más indicadas para liberar los parasitoides. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de liberaciones de *P. nasuta*, después de la cosecha principal y mitaca en dos pisos altitudinales. La investigación se realizó en dos fincas, una a 1.160 msnm en Palestina (Caldas) y la otra a 1.620 msnm ubicada en Santa Rosa de Cabal (Risaralda), con infestaciones iniciales por broca de 48,3 y 14,3 %, respectivamente. La parcela experimental estuvo conformada por 50 árboles de café variedad Caturra de tercera cosecha. Los tratamientos consistieron en una liberación, en relación de 3 parasitoides por fruto brocado, después de la cosecha principal (LDP), una liberación bajo la misma relación después de mitaca (LDM) y un tratamiento testigo, donde no se realizaron liberaciones del parasitoide. La distancia entre parcelas fue de 30m y entre las parcelas y los testigos de 100m. Durante el experimento no se aplicaron insecticidas químicos ni biológicos. Se utilizó un diseño completamente al azar, con seis repeticiones para los tratamientos y cuatro para el testigo. Los datos se analizaron mediante un análisis combinado de covarianza y un análisis multivariado de componentes principales. Las variables fueron porcentaje de parasitismo y número de estados biológicos de *P. nasuta* por fruto, número de frutos brocados por árbol, porcentaje de infestación y número de estados biológicos

de *H. hampei* por fruto; estas se evaluaron mensualmente durante un año.

En la LDP se obtuvieron los mayores porcentajes de parasitismo y número de estados biológicos de *P. nasuta*, que oscilaron de 28,6 a 2,3% y 7,3 a 2,9, respectivamente. Para la LDM el parasitismo fluctuó entre 2,6 y 0,02% y para los estados biológicos de la avispa entre 4,3 y 0,02. La reducción promedio de estados biológicos de broca, para los cuatro meses siguientes a cada época de liberación con respecto al testigo fue de 32,9% para la primera época de liberación y 4,4% para la segunda. El mayor efecto del parasitoide se registró cuando se presentaron las poblaciones más altas de broca que coincidieron con la época menos lluviosa del experimento. El piso altitudinal no afectó la eficiencia del parasitoide sobre *H. hampei*. Los resultados anteriores sugieren que la acción depredadora y parasítica de *P. nasuta* es más efectiva cuando las poblaciones de su hospedante son mayores y concuerda con épocas secas.

Estudios con nematodos entomopatógenos

Efecto de especies de nematodos entomopatógenos sobre la broca del café bajo condiciones de laboratorio. Los trabajos encaminados a determinar el efecto de nematodos entomopatógenos sobre la broca del café han presentado tres líneas de desarrollo: trabajos de interacción broca-nematodo, aislamiento de especies nativas y producción de estos nematodos.

En cuanto al aislamiento de especies nativas se cuenta en el momento con cinco aislamientos: SNsp0197, SNI0198, SNI0199, SNI0299 y HNI0399. Con estos aislamientos se han realizado trabajos de determinación general de ciclo de infección en *Galleria mellonella* y en el momento se adelantan trabajos de identificación taxonómica y molecular. En cuanto a la interacción broca-nematodo, se han realizado bioensayos 1:1 encontrando porcentajes de mortalidad del 52 (9% para SNsp0197 y del 44 (9% para SNI0198 (X (EE). Igualmente, en trabajos orientados a determinar la capacidad de máximo parasitismo de nematodos nati-

vos sobre larvas de segundo instar de broca se ha encontrado desarrollo promedio de 5,8 (1,49 adultos de SNsp0197 y para SNI0198 3 (0,42 (X (EE), con producciones de J3 con potencialidad de ser infectivos una vez emerjan de la larva de 69,4 (11,38 y 26,7 (6,67 por larva de broca, respectivamente.

En lo relacionado con desplazamiento de J1 hacia frutos, cps, con máximo 2 orificios de penetración se encontró que estados juveniles infectivos de *S. riobrave* (especie exótica), presentaban desplazamiento horizontal de distancias entre 7cm y 39cm del sitio de aplicación, y penetración a fruto de 6 (2,3 J1 a 2 (1,2 J1 (X (EE), respectivamente. En este mismo orden de ideas, J1 de esta especie pueden movilizarse hacia frutos de cps en sentido vertical en contra de la gravedad distancias hasta de 15cm, encontrándose un número promedio de J1/fruto de 16,43 (11,81 (X (EE); todo lo anterior en tiempos menores a 120 horas.

En lo referente con producción masiva de J1, se evaluó su multiplicación in vivo en hospedantes alternos como *B. mori* encontrando máximas producciones de 395.880 J1/ larva (*S. carpocapsae* all strain); adicionalmente se ha evaluado su producción in vitro en dietas con base en hígado de res, con producciones máximas de 24657 (14317 (((EE) J1/ 20g de dieta (*S. cubanum*). Este último sistema debe estudiarse al resultar estas producciones bajas y presentar, por el momento, inconvenientes en cuanto a contaminación.

Finalmente, se han realizado aislamientos de la bacteria asociada con algunos nematodos (*S. feltiae*, *S. cubanum*, *S. riobrave*, *S. carpocapsae*, SNsp0197, SNI0198), en medios artificiales (nutritivo, NBTK, Mac Conkey), pudiendo identificar las diferentes fases de la bacteria asociada (*Xenorhabdus* spp.) y evidenciando el cambio de una fase a otra (I a II), fenómeno que se debe conocer en detalle durante la producción masiva de nematodos en fermentadores.

Producción en laboratorio de nematodos en insectos diferentes a la broca del café. El uso de entomonematodos (EN) en el control biológico de plagas en la última década, se ha vislumbrado como una herramienta apta para incorporarse en progra-

mas de MIP. La reproducción es uno de los factores más limitativos para su incorporación, por lo cual se deben buscar alternativas de producción masiva, económicas y de fácil uso. Con base en lo anterior, en este trabajo se evaluó la multiplicación in vivo de tres especies de EN, en larvas de cuarto instar de *Bombyx mori* y larvas de último instar de *Galleria mellonella*. Se utilizaron juveniles infectivos (J1) de los EN *Steinernema carpocapsae* Brasil, *Steinernema carpocapsae* all strain y *Steinernema cubanum*, utilizando dos sistemas de infección (tópico e inyección).

En general, las mayores producciones se obtuvieron hasta los primeros cinco días después de iniciada la emergencia de EN. Los tratamientos *S. carpocapsae* Brasil topical en *G. mellonella*, y *S. carpocapsae* all strain inyección en *B. mori*, presentaron las mayores producciones totales de J1 / larva, con 149.258 y 139.756 respectivamente, siendo estas, óptimas para mantener un suministro de EN para bioensayos en laboratorio.

Paralelamente a este experimento, se realizó un bioensayo para producción de EN en medio artificial en hígado, evaluando la producción en este, de las mismas especies en producción in vivo. Solo la especie *S. cubanum* produjo en este medio y se obtuvo un promedio de producción de 20.518 J1 por caja Petri, producción que aunque es baja, da pie para seguir estudiando sistemas de producción in vitro más eficientes.

Estudios con insecticidas químicos

Efecto de cuatro insecticidas químicos y del hongo *Beauveria bassiana*, sobre *Prorops nasuta* parasitoide de la broca del café. El programa de manejo integrado de la broca establecido por Cenicafé incluye medidas de tipo cultural, químico y biológico. Entre los enemigos naturales de la plaga, se destacan el entomopatógeno *B. bassiana* y los parasitoides de origen africano *Prorops nasuta*, *Cephalonomia stephanoderis* y *Phymastichus coffea*. Para incluir los parasitoides dentro del programa de manejo Integrado de broca, se ha diseñado un programa de investigaciones, entre las cuales se consideran indispensable los estudios de compatibilidad de estos insectos con los demás componentes del

manejo. Este estudio tuvo por objetivo evaluar en campo y laboratorio el efecto de los insecticidas clorpirifos, endosulfan, fenitrothion, pirimifos metil, y del entomopatógeno *B. bassiana* sobre adultos del parasitoide *P. nasuta*.

Los experimentos de laboratorio, dirigidos a evaluar comparativamente el efecto de los insecticidas sobre el parasitoide y la broca, mediante determinación de la CL_{50} a las 24 horas después de la exposición al tratamiento, mostraron que las aspersiones realizadas por los agricultores para el control de la broca superan ampliamente las concentraciones letales medias encontradas para el parasitoide y la broca. Los resultados indican que el parasitoide es más susceptible a los insecticidas clorpirifos y endosulfan que el insecto plaga, en tanto que el fenitrothion y el pirimifos metil fueron más tóxicos a la broca que al benéfico.

En condiciones de campo se realizaron dos experimentos: en uno, los productos se asperjaron y se liberó la avispa 1, 7, 14, 21 y 28 días después. En otro, se liberó la avispa y se asperjaron los productos 1, 7, 14, 21 y 28 días después. Se usó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 5 (productos) x 5 (tiempos de liberación) x 4 (repeticiones). Utilizando mangas entomológicas se infestaron los frutos de una rama productiva de café que constituyó la unidad experimental; 33 días después se iniciaron las aspersiones de los productos y/o las liberaciones del parasitoide.

Los insecticidas y el entomopatógeno no fueron fisiológicamente selectivos al parasitoide. Se presentó una relación inversa del tiempo transcurrido entre aspersión de los productos y liberación del parasitoide, con la mortalidad de la avispa: a mayor plazo, menor mortalidad. Cierta selectividad ecológica y el sinergismo de estos componentes de control puede obtenerse separando en el tiempo las aspersiones de las liberaciones. El plazo entre la aspersión de los productos y la liberación del parasitoide debe ser superior a 22 días. Si se hace en primer término la liberación, el plazo debe ser superior a 9 días para asperjar el entomopatógeno y a 20 en el caso de los insecticidas.

Se concluye que los insecticidas clorpirifos, endosulfan, fenitrothion y pirimifos metil, y el hon-

go *B. bassiana* tienen efecto sobre la supervivencia y capacidad parasítica de *P. nasuta*. El uso conjunto y el sinergismo de estas dos medidas de control dentro del programa de Manejo Integrado de la Broca, sólo es posible si se separan adecuadamente en el tiempo las aspersiones de las liberaciones y viceversa.

Eficacia de insecticidas de baja toxicidad aplicados a los frutos del suelo para el control de la broca del café. Durante la cosecha del café un árbol puede llegar a producir unos 1200 frutos, de los cuales un 10% se queda en el cafetal; de estos, la mitad se queda pegada a las ramas y la otra mitad cae durante los pases de cosecha. Estos frutos que han caído al suelo son los más importantes en el incremento de las poblaciones de broca en el cafetal, ya que albergan el mayor número de estados de broca.

La broca que emerge de estos frutos que están en proceso de germinación, pudrición o al llegar las lluvias, va en busca de frutos sanos que no han sido cosechados, para multiplicarse y continuar su desarrollo en estos. Con el conocimiento de que estos frutos caídos al suelo son un problema, durante los meses de abril y agosto de 1999, en la Subestación Experimental, Rafael Escobar ubicada en Supía (Caldas), se evaluó el efecto de insecticidas de baja toxicidad aplicados a estos frutos, como mediada de control de la broca del café.

Los insecticidas evaluados fueron: pirimifos metil, fenitrothion y malathion, cada uno de ellos en dosis de 1,0; 1,5; 2,0L/ha y *B. bassiana* en dosis de 5×10^8 , 1×10^9 , 5×10^9 esporas/árbol y un testigo. Cada tratamiento estuvo conformado por un producto y una dosis; cada uno de ellos con 6 repeticiones. La unidad experimental estuvo conformada por un árbol al cual se le retiraron todos los frutos, dejando sólo frutos sanos. En el plato de este árbol se colocaron 500 frutos brocados artificialmente sobre los cuales se hizo la aplicación de los tratamientos, en horas de la mañana con un equipo de presión previa retenida.

Las evaluaciones se realizaron a los 8, 15 y 30 días durante el primer mes y luego cada mes. Se hicieron evaluaciones durante 4 meses, tomando datos de infestación en la parte aérea del árbol (2 ramas parte alta, 2 ramas parte media y 2 ramas parte baja) y se retiraron del suelo 20 frutos, los cuales se dise-

caron y se hizo el recuento del número de estados de broca vivos y muertos. Resultados concluyentes de este estudio se obtendrán el próximo año.

Evaluación de formulaciones preparadas por agricultores para el control de la broca del café. Este experimento se realizó en la finca La Palma, con el objetivo de evaluar la eficacia de las formulaciones PA y PB para el control de la broca del café. Los resultados mostraron que la formulación PA, produjo una mortalidad del 40,4% cuando se realizó la aplicación un día después de la infestación, pero disminuyó a 32,2 y 14,3%, a los 3 y 8 días, respectivamente. La mayor mortalidad la presentó el producto PB con un 69,27% un día después de la infestación, pero al igual que el anterior, disminuyó, a 60,7 a los 3 días y 27,0% a los 8 días. De acuerdo con estos resultados se puede apreciar que las dos formulaciones produjeron una mortalidad inferior al 75% y además, produjeron fitotoxicidad en las plantas de café, por lo cual no se recomienda como alternativa de control dentro de un Programa de Manejo Integrado de la Broca del Café

Evaluación de insecticidas químicos y biológicos para el control de la broca del café en fincas de caficultores. Con el fin de observar el comportamiento de insecticidas con licencia ICA, para el control de la broca del café en fincas cafeteras, se realizó esta investigación utilizando parcelas comerciales para evaluando los tratamientos, no sólo desde el punto de vista biológico, sino económico, hasta el momento de realizar la venta del café en la Cooperativa de Caficultores, simulando lo que se hace en una finca cafetera. Se evaluó la eficacia de dos insecticidas para el control de la broca, a través de tres ciclos productivos del café y se aprovechó el estudio para comparar estos insecticidas con el hongo *Beauveria bassiana*.

El experimento se realizó en la Hacienda La Palma, vereda Playa Rica, municipio de Calarcá (Quindío), en un lote de café variedad Colombia, zoca con dos chupones y dos años y medio de edad, sembrada a una distancia de 2 x 1m y terreno ondulado. El área experimental es un lote de 5 hectáreas.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar conformados por los tratamientos: endosulfan,

pirimifos-metil, *Beauveria bassiana* y el control cultural (re-re), los cuales se combinaron con tres criterios: aplicaciones calendario (aspersiones mensuales), agricultor (3 aspersiones) y Cenicafé (cuando técnicamente se requieren). Se evaluó un total de 10 tratamientos, 3 repeticiones y 30 parcelas experimentales de 500 árboles cada una. Los insecticidas se utilizaron en una dosis de 0,3ml de producto comercial por árbol y el hongo en dosis de 1×10^{10} esporas por árbol. Las aplicaciones se realizaron con equipos de aspersión de presión previa retenida, Triunfo 40-100-10 y una boquilla Tx3 (200ml/min a 40 psi).

El experimento se continuó durante 1998, presentando en promedio un porcentaje de infestación del 1,1%. Se hizo necesaria una infestación artificial, con la cual se obtuvo un porcentaje promedio entre 11,94 y 17,36%. Con base en esta infestación se iniciaron las aplicaciones en los diferentes tratamientos. Los resultados mostraron que el endosulfan en sus tres criterios, produjo la mayor mortalidad de la broca durante los dos semestres de producción, seguido por el tratamiento pirimifos-metil y por último el hongo *B. bassiana* en sus tres criterios.

En el primer semestre de 1998 se realizaron 7 pases de cosecha y se recolectaron 16.368kg de café en cereza, correspondiendo el menor porcentaje de infestación de broca del café (2,0%) vendido en la Cooperativa, al tratamiento endosulfan-calendario. El mayor porcentaje de infestación de broca (9,0%) del café vendido en la Cooperativa, lo presentó el tratamiento hongo-Cenicafé.

Con el tratamiento endosulfan-Cenicafé, sólo se hizo una aplicación en el segundo semestre, por no ameritar más aplicaciones, debido a los bajos porcentajes de infestación. En el segundo semestre de 1998 se realizaron 6 pases de cosecha y se recolectaron 12.630kg de café en cereza. El menor porcentaje de infestación de broca (5,6%) del café vendido en la Cooperativa, lo presentó el endosulfan-calendario y el mayor (19,5%) el tratamiento Testigo. En general, se puede concluir que en el primer semestre de 1998 se presentaron los menores porcentajes de infestación del café vendido en la Cooperativa, en relación con los altos porcentajes registrados en el segundo semestre del año.

Investigación participativa

Investigación participativa con caficultores en el manejo integrado de la broca del café. El proyecto trabaja con 113 caficultores de Caldas, Quindío y Risaralda, involucrándolos en un proceso de evaluación de alternativas en el manejo integrado de la broca del café.

En el período transcurrido de octubre de 1998 a octubre de 1999, se han llevado a cabo cuatro giras de los grupos de trabajo a la sub-estación experimental La Catalina y seis visitas a la sede principal de Cenicafé en Chinchiná, con el propósito de que los caficultores observen de primera mano las tecnologías utilizadas tanto en el manejo de la broca como del cultivo del café. Además de las visitas semanales a cada vereda, se han desarrollado reuniones mes a mes para discutir las experiencias vividas por los caficultores en los diferentes ensayos que sobre el manejo de la broca adelantan en sus fincas.

Los experimentos en ejecución son los siguientes:

Control de la broca en beneficio. Para tal fin, 34 caficultores adecuaron sus tolvas cuya área en promedio es de 2,5m², realizando en promedio 17 evaluaciones por tolva (caficultor). Se encontró que las tapas de plástico impregnadas con grasa atrapan en promedio 7.123 brocas/m². Los caficultores opinan que "las tapas plásticas son muy útiles para atrapar broca, son muy baratas y evitan el regreso de la broca al cafetal".

Seguimiento a la broca del café con trampas de alcohol en parcelas de caficultores. Se encuentran ubicadas 140 trampas en 30 fincas para monitorear la broca y basar en ésta información la toma de decisiones para el control. Los caficultores hacen las lecturas de las capturas una vez por semana y observan los cambios en el número de adultos del insecto atrapados y la ubicación en el lote. Esta metodología ha tenido gran aceptación por los caficultores quienes manifiestan que las trampas son "medidores de broca que permiten seguir su comportamiento en los focos del cafetal".

Pruebas de eficacia de biopreparados para el control de la broca del café. Se realizaron pruebas de

eficacia a cuatro biopreparados propuestos por caficultores para el control de la broca, se siguió la metodología utilizada por Cenicafé para evaluar la eficacia de insecticidas químicos. Los productos evaluados fueron: ácido piroleñoso, barbasco, tabaco e higuierillo; las mortalidades oscilaron entre 0 y 1,7% comparadas con las registradas por el testigo (agua) que fueron de 1,6%. Con los resultados negativos obtenidos en la prueba, los caficultores que tenían algún interés en trabajar los extractos vegetales, optaron por no utilizarlos.

Evaluación de dos formas de recolección de café y su impacto en el control de la broca. Con el objetivo de mejorar la calidad de la labor de recolección de café para el control de la broca, el grupo de caficultores de la vereda El Porvenir en Viterbo, está evaluando dos formas de hacer la labor de repase (re-re) acostumbradas en la vereda; parcialmente han encontrado que el impacto de la labor en el control de la broca no tiene diferencias, pero en el aspecto económico el valor de recolección de un kilogramo de café cereza ha llegado a costar \$10.526 al emplear uno de los métodos propuestos, entre tanto, con la otra forma de hacer re-re el costo de recolección de un kilogramo de café cereza ha sido del orden de \$667. Al momento de discutir los resultados parciales del ensayo, el grupo de caficultores concluyó que "los altos costos incurridos en la labor se deben a que no se hace una evaluación de la calidad de la recolección antes de decidir hacer un repase".

Evaluación de empaques para evitar el escape de la broca. Se están probando dos tipos de empaques para evitar escapes de broca en la labor de recolección: Caneca plástica con tapa de plástico impregnada con grasa y bolsa de fibra con una bolsa plástica en el interior. Hasta el momento los caficultores han registrado capturas hasta de 260 adultos con los empaques evaluados.

Manejo de la broca en lotes renovados por zoca. Caficultores del Quindío evalúan las bondades de los árboles trampa y la aplicación al suelo de *B. bassiana* en lotes renovados por zoca. Sus comentarios al cabo de dos meses de evaluación son: "los árboles trampa son una buena medida de control de broca en los lotes renovados por zoca", "es mucha la broca que se ve en los árboles trampa",

"cada vez que se tumba un lote del cafetal hay que dejar los surcos trampas", "el hongo ayuda a matar la broca que sale de los frutos del suelo".

Otras Actividades

La disciplina de Entomología continuó este año con actividades de cooperación científica con Colciencias, Monsanto, Vecol, Agrevo, Biocontrol, Fundación "Mariano Ospina Pérez", Universidad de Cornell, Universidad de Maryland, Universidad Católica del Oriente, Convenio ICO-CFC-IIBC, el USDA en Mississippi y Mycotech. Además se prestó asesoría a 10 laboratorios involucrados en la producción masiva de parasitoides.

En relación con transferencia de tecnología la disciplina atendió 95 consultas sobre diversos aspectos entomológicos, especialmente sobre la broca del café, provenientes del Servicio de Extensión de la Federación, cafeteros y estudiantes. Durante el período se ofrecieron 19 conferencias sobre el manejo de la broca a personal del Servicio de Extensión de los Comités Departamentales y a miembros y cafeteros de diversos Comités que visitaron a Cenicafe. Por otra parte, se colaboró con la Universidad de Caldas con un curso sobre Entomología Económica y manejo de plagas

Se organizó un taller Internacional sobre investigación participativa con agricultores y luego se planearon tres reuniones con el servicio de Extensión para definir estos criterios.

En cuanto a publicaciones durante el período se publicaron 13 artículos científicos en diferentes Revistas y se publicaron 22 resúmenes de trabajos presentados durante el XXVI Congreso de Socolen realizado en Bogotá. Además se publicó un libro sobre el Manejo Integrado de la broca del café.

BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN

La tarea principal en investigación ha sido la coordinación del ensayo ENT1101, titulado "Comunida-

des de aves en relictos de selva y cafetales con sombrío en la Región Cafetera Centro-Occidental de Colombia". La recolección de datos y el análisis inicial ya han sido terminados. Como resultado de este estudio, hemos recopilado información sobre la avifauna presente en 14 cafetales con sombrío y hemos obtenido algunas relaciones estadísticas entre la avifauna y las características del sombrío. También se han realizado estudios sobre la avifauna en los terrenos del Recinto Jaime Restrepo, con el apoyo del Comité de Cafeteros de Caldas y una tesis de pregrado sobre las aves acuáticas de la Laguna del Otún, con la colaboración del Servicio de Parques Nacionales. En los primeros días de octubre se comenzará un estudio de la biodiversidad en sistemas de producción agrarios en zonas cafeteras del Quindío, con el apoyo del Instituto von Humboldt. En la búsqueda de apoyo para la realización de proyectos de investigación se han elaborado 5 propuestas, 4 de las cuales han sido enviadas a concursar en convocatorias nacionales e internacionales.

Hemos también establecido comunicación con Smithsonian Institution, The Nature Conservancy, Threatened Waterfowl Specialist Group, NFWF y ABC a nivel internacional y principalmente con el Instituto Alexander von Humboldt a nivel nacional. La relación con esta última entidad nos ha llevado a participar activamente en la Alianza por los Andes y en la Estrategia para la conservación de las aves.

En nuestra tarea de divulgación hemos realizado 7 conferencias. Entre estas se destacan la ponencia al Encuentro Nacional de Ornitología, la presentación ante los científicos del Patuxent Wildlife Laboratories y 2 ponencias que se presentarán en el VI Congreso de Ornitología Neotropical de México en octubre.

Para el futuro inmediato se propone obtener fondos para la continuación del estudio de aves en zonas cafeteras, producir los avances técnicos planeados, elaborar artículos científicos sobre los datos obtenidos y conformar una red internacional de investigadores de biodiversidad en cafetales.

ENFERMEDADES DEL CAFÉ

Enfermedades radicales

Nematodos (*Meloidogyne* spp.).

Identificación de especies de *Meloidogyne*. Se identificaron por reacción a hospedantes diferenciales y a características de los patrones perineales de muestras procedentes de la finca "La Bamba" en Risaralda, las especies *M. incognita*, que fue predominante en café (78%), *M. javanica* y *M. arenaria*, registrada por primera vez en Colombia en este cultivo.

Se logró estandarizar la técnica de extracción y cuantificación de proteínas de hembras de *Meloidogyne* spp, para la enzima malato deshidrogenasa, de gran utilidad en estudios de población de este género parásito del café.

Para estudios taxonómicos a través de técnicas de biología molecular y mediante la inoculación de masas de huevos individuales se logró el establecimiento de monopoblaciones del nematodo del nudo radical *Meloidogyne* spp. en plantas de tomate cv. Rutgers, a partir de raíces de tabaco NC 95 infectadas. Se determinó el éxito de la técnica, al detectar nudosidades 2 y 3 meses después de la inoculación. Con la técnica de patrones perineales se confirmó en estas nudosidades la presencia de *M. incognita* en una de las monopoblaciones.

Fragmentos correspondientes a ITS (Internal Transcribed Spacers) de 1,7kb, fueron amplificados en ADN control de *M. javanica*. Se ensayaron diferentes metodologías de extracción de ADN a partir de hembras, masas de huevos y juveniles provenientes de raíces de *Impatiens*, tomate y tabaco, con el fin de amplificarlo por el método de PCR para obtener marcadores moleculares RAPDs e ITS. La metodología descrita por Pastrik *et al.* (1995) ha sido hasta ahora la más efectiva, aunque aún precisa de optimización. La combinación de monopoblaciones y el uso de marcadores moleculares se presentan como una herramienta adicional para los estudios

epidemiológicos, moleculares y de control biológico que se lleven a cabo con este patógeno

Resistencia genética. Con el objetivo de establecer una metodología de evaluación de la resistencia a nematodos del nudo radical (*Meloidogyne* spp.) en germoplasma de café y evaluar varias introducciones en relación con esta característica, se determinó la dosis de 1500 huevos/planta en agua y/o solución salina al 0,9%, como la más adecuada, por ser la mínima capaz de producir grados de infección de 4 a 6 en el 70% de las plantas. A los 90 y 170 ddi. las variables de la planta estuvieron altamente correlacionadas entre sí, pero no con el total de estados del nematodo. Se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre genotipos, para el peso fresco de la parte aérea en ambas épocas y en la interacción genotipo por inoculación a los 90 ddi. Las variables de la planta fueron menos discriminantes. Se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre genotipos, para el total de estados del nematodo, separando los mismos grupos a los 90 y 170 ddi.; los genotipos resistentes fueron: AR-23, AR-8, AR-21, AR-56 y ET-43; ET37c4, tolerante; BP-42 y Caturra, susceptibles y AR-58, hipersusceptible.

Control biológico. Se desarrolló una formulación granular de *Verticillium chlamyosporium* para aplicar al suelo de almácigo como control biológico del nematodo del nudo radical del café, *Meloidogyne* spp. La formulación consiste en propágulos del hongo, principalmente esporas y clamidiosporas, con polvo de arroz aglutinados con alginato de sodio. Se evaluó la patogenicidad y viabilidad del hongo *in vitro* (80,25% y 89,1%, respectivamente) y se observó una disminución de estas características al comparar con el hongo no formulado crecido en arroz. Los procedimientos de secado, molienda y tamizado pueden ser la causa de dicha disminución. Adicionalmente, se hicieron estudios del comportamiento de la producción de esporas y clamidiosporas durante el tiempo, en arroz con tres aislamientos nativos (VcA25, VcA72 y VcA78). También se aplicaron técnicas moleculares (PCR-RAPD) para determinar diferencias genotípicas entre dichos aislamientos con el fin de iniciar la caracterización de la colección de Cenicafe. Se proyecta continuar con los estudios de actividad enzimática del hongo sobre los huevos del nematodo y evaluar la formulación en almácigo.

También se estandarizó la metodología de formulación granular con las esporas de *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* utilizando alginato de sodio al 1%, para ser evaluadas en el control de *Meloidogyne* spp. Para la obtención de los inóculos de los hongos se siguió la metodología de siembra en dos fases, en sumergido y en superficie optimizada en la planta piloto para la producción de *B. bassiana* con un tiempo óptimo de cosecha de 12 a 15 días, y una humedad entre 8 y 12%, aplicada en este trabajo para la producción de *Metarhizium anisopliae* seleccionando para éste un tiempo óptimo de cosecha de los 18 a 21 días con una humedad entre 8 y 12%. Posterior a la cosecha se seleccionaron las partículas por medio de un tamizado de 30 minutos en una serie de 850, 600, 425 y 180 micras de apertura; para el proceso de formulación se trabajó con esporas recuperadas del fondo después de pasar por el tamiz de 180 micras, ajustando la concentración a 1×10^{10} esporas por gramo mezclando con hongo en arroz molido. Después se realizó la mezcla con alginato de sodio al 1%, obteniendo un producto granular por medio de un tamiz de 1600 micras de apertura, con buena humectabilidad y aplicabilidad al suelo. A estas formulaciones y a formulaciones comerciales de estos hongos "Conidia" y "Destruxin" se les determinaron las propiedades biológicas y fisicoquímicas para posteriormente ser evaluadas *in vitro* en el control de *Meloidogyne* spp.

También se evaluaron los hongos cultivados en arroz, obteniéndose porcentaje de huevos parasitados superior al 70 %, con todas las formulaciones evaluadas. En ésta prueba se encontró un parasitismo superior con la formulación comercial de *Metarhizium anisopliae* "Destruxin" y con éste hongo cultivado en arroz, significativamente diferente a los otros tratamientos; la menor patogenicidad se observó con los hongos formulados en alginato de sodio al 1%. De igual manera, se realizaron observaciones del parasitismo presentado con cada hongo formulado. Para la selección de dosis *in vivo* se realizó un ensayo previo de establecimiento de las formulaciones en suelo esterilizado con basamid, con hospedante y sin él y dos tiempos de evaluación 8 y 15 días, en cual se presentó colonización del suelo con todos los hongos formulados. El mejor resultado se obtuvo con el establecimiento a los

15 días de inoculados, independiente de la utilización de hospedante o no.

Llagas radicales: (*Rosellinia bunodes*)

Manejo de llagas radicales del cafeto. Con el objeto de acelerar el proceso de descomposición del sistema radical de árboles de café afectados por llaga negra, *R. bunodes*, y buscar la recuperación de zonas afectadas por la enfermedad, se evaluó el efecto secante de los herbicidas sistémicos, Tordón y Banvel D. Se pudo determinar que el herbicida Tordón en estado puro y en dosis de 20ml/árbol, causa un secamiento externo e interno de los tejidos del tallo en un máximo de 20 días. Sin embargo, a los 6 meses el sistema radical se observó con crecimiento normal del patógeno, demostrándose posteriormente la viabilidad del hongo al infectar chapolas de café en invernadero. Dosis inferiores de Tordón /árbol, no fueron satisfactorias, ya que aunque externamente se produjo secamiento foliar, los tejidos y raíz permanecieron frescos. De otra parte, en árboles zoqueados y con dos tallos por zoca, el efecto de los herbicidas fue evidente en un solo tallo, no así en árboles de plantilla, en cuyo caso el efecto de momificación ocurrió en forma general en el árbol. No obstante el efecto favorable de secamiento de árboles causado por el Tordón, falta evaluar la recuperación de focos, mediante la resiembra de plantas en dichos sitios. Finalmente, el herbicida Banvel D, mostró regular efecto secante, debido posiblemente a que necesita mayor dosis/árbol.

Control biológico de *Rosellinia bunodes*. Con el fin de evaluar y caracterizar biológicamente especies de *Trichoderma* sp con mayor potencial antagónico a *Rosellinia bunodes*, se determinaron en condiciones *in vitro* la mayor tasa de crecimiento, esporulación y germinación de tres aislamientos mediante evaluaciones de temperatura, luz y pH. Para ello se utilizaron tres aislamientos: T-10, T-nim (ambos con antecedentes de buen potencial antagónico, según trabajos realizados en la Disciplina de Fitopatología) y un aislamiento obtenido de suelo de la región cafetera denominado T-Rb. Las temperaturas evaluadas fueron 21, 26 y 30 °C durante 11 días en la cámara bioclimática. Se encontró que

los tres aislamientos registraron un mayor crecimiento radial bajo las temperaturas de 26 y 30 °C interactuando tanto con 0, 8 como con 12 horas de luz. Los aislamientos que presentaron el mayor crecimiento en menor tiempo fueron T-nim y T-Rb. Los días de evaluación, las temperaturas y horas luz influyeron notoriamente sobre la esporulación y germinación de cada uno de los aislamientos. De acuerdo a los resultados obtenidos en esta primera fase de acuerdo al análisis de varianza se escogieron las mejores condiciones de temperatura y de luz que le permitieran a cada uno de los aislamientos obtener en conjunto una buena esporulación, sin necesidad de ser la mayor y mejor aún una germinación que fuera mayor o cercana al 100%. De esta forma, se observó que al octavo día, se registraron los mejores resultados ya que el aislamiento T-10 obtuvo una buena esporulación, aunque no haya sido la mayor con una concentración de $10,6 \times 10^7$ esporas/caja de petri y presentó la mayor germinación con respecto a los otros dos aislamientos con un 92 % ambas variables a 26°C, con exposición de 8 h/luz y 16 h/oscuridad.

Mientras que el aislamiento T-Rb obtuvo una buena esporulación con una concentración de $14,7 \times 10^7$ esporas/caja y un 76 % de germinación a 30 °C interactuando con 0 h luz/ 24 oscuridad. El aislamiento T-nim alcanzó el máximo de esporulación con respecto a los otros dos aislamientos evaluados con una concentración de $48,3 \times 10^7$ esporas/caja de petri a 21°C con 8 h luz/16 h osc, y un 80 % de germinación a esa misma temperatura sin mucha diferencia tanto con 0, 8 como con 12 horas de luz. Posteriormente se evaluó el efecto de pH en el medio de cultivo papa-dextrosa-agar (PDA) con los tres aislamientos antes mencionados y en las condiciones de luz y temperatura óptimas encontradas y adecuadas para cada uno de los aislamientos de *Trichoderma*, evaluando las mismas variables en el ensayo anterior. No se presentaron diferencias estadísticas entre los valores de pH de 4, 5 y 6, evaluados con respecto a los aislamientos estudiados y a las lecturas. Sin embargo, se observó que los aislamientos T-10 y T-nim presentaron los mejores resultados de esporulación y germinación con valores de pH 5 y 6, mientras que el aislamiento T-Rb con pHs 5 y 4. Estos resultados son de gran utilidad para la formulación industrial de este biocontrolador de la llaga negra radical del café.

Enfermedades del tallo

Llaga macana

(*Ceratocystis fimbriata*)

Resistencia genética a Llaga macana. Se determinó que un promedio de 21,7% de las plantas de la variedad Caturra fueron completamente anilladas por la lesión del patógeno, al inocularlas con el aislamiento 24, el cual causó el 80% de la muerte de las plántulas. La variedad Típica mostró un promedio de 2,3% de plántulas anilladas con el aislamiento 140, el cual causó el 30% de muerte de plántulas. Finalmente, en la variedad Borbón resistente (BRM), se observó un promedio del 0,9% de árboles completamente anillados por el patógeno, siendo los aislamientos 25 y 148, los causantes del 6,7% de muerte de árboles inoculados. Con éstos resultados se demuestra la existencia de diferencias entre aislamientos del patógeno sobre variedades susceptibles y se corrobora la resistencia del BRM, a 30 aislamientos del patógeno evaluados.

Control químico de la Llaga macana. Con el fin de tener nuevas alternativas para el manejo preventivo de la Llaga macana del cafeto, se evaluaron diferentes productos como desinfectantes de herramientas, para el control preventivo y persistencia al lavado por la lluvia. Los resultados mostraron bondad en el efecto desinfectante del hipoclorito de sodio, formol, carbendazim (Derosal) y benomil (Benlate). Se determinó el efecto protector de los fungicidas cyproconazol (Alto 100), propiconazol (Tilt), carbendazim (Derosal) y benomil (Benlate). Igualmente del aceite mineral, Citrole en estado puro. Con respecto a la persistencia de fungicidas se determinaron de mejor efecto los siguientes: carbendazim (Derosal); aceite mineral (Citrole puro); carbendazim + aceite mineral (Derosal + Citrole); carbendazim + organosilicona (Derosal + Silwet); Carbendazim + Triona; Carbendazim + Correo y Carbendazim + pintura vinílica blanca. Finalmente se determinó la viabilidad del hongo *C. fimbriata* en el machete infestado durante 7 días.

Enfermedades del follaje

Roya del cafeto: (*Hemileia vastatrix*)

Identificación de razas fisiológicas de *Hemileia vastatrix*. Los trabajos para identificación de razas realizados al inóculo procedente de derivados del H. de T., de experimentos de Cenicafé, de campos de propagación de la variedad Colombia y de siembras comerciales de esa variedad, permitieron detectar aislamientos con un amplio rango de hospedantes con genotipos complejos o con genes de virulencia no descritos en la relación roya-café. Estos aislamientos y sus plantas de origen se utilizan, respectivamente, para evaluar la resistencia de los nuevos componentes de la var. Colombia y como plantas diferenciales para clasificar nuevos aislamientos.

El seguimiento de la enfermedad en lotes con resistencia demostró la permanencia de los aislamientos sobre sus hospedantes, con fluctuaciones en sus niveles de incidencia, y la continua adaptación del hongo a nuevos materiales. Las evaluaciones de roya en las subestaciones de Cenicafé, indican que la mayor incidencia de la enfermedad se presenta en las localidades donde se ha mantenido por mayor tiempo la mayor variabilidad genética del hospedante.

Los trabajos de identificación de razas sugieren la presencia de los genes de virulencia V5, 6, 7, 9 en un aislamiento procedente del cultivar 1 del H. de T.; se continúan los análisis para definir este genotipo. Un estudio preliminar permitió definir un método de extracción de ADN de urediniosporas de roya y detectar polimorfismo en diferentes aislamientos, evaluados mediante el uso de marcadores RAPD.

Resistencia incompleta (RI). En laboratorio y en el campo, las variables que mejor identifican la RI son los períodos de incubación (PI) y de latencia (PL), tamaño de lesión y densidad de esporulación. Se comprobó que en el campo, las variables citadas influyen en el desarrollo de la epidemia. Se concluye que, utilizando estas variables para una selección temprana de materiales en laboratorio y su

posterior confirmación en el campo, es posible evaluar numeroso material y disminuir el tiempo de selección.

Caracterización celular de razas. Análisis cualitativos y cuantitativos permitieron determinar mayor cantidad de proteínas en interacciones de susceptibilidad y variaciones significativas en contenido 12 horas después de iniciada la patogénesis. Estas proteínas tempranas se relacionaron con bandas con pesos entre 30 y 35Kda. Se detectó una banda con peso menor a 14Kda, específica para interacciones de resistencia. Las respuestas proteínicas del café a medida que avanza el proceso de patogénesis están correlacionadas con la formación de algunas estructuras del patógeno.

Efecto de la enfermedad. La presencia de la roya afecta negativamente la capacidad de absorción de CO₂ y los contenidos de Rubisco, efecto asociado con la severidad de la enfermedad.

Enfermedades de los frutos del café

Mancha de hierro: (*Cercospora coffeicola*)

Susceptibilidad de variedades. En iguales condiciones de manejo agronómico, de suelos y de clima y durante dos cosechas consecutivas, la variedad Colombia fue más susceptible que la var. Caturra al ataque de mancha de hierro en frutos (*Cercospora coffeicola* Berk. y Cooke.). El crecimiento epidémico de la enfermedad, a través del tiempo, fue mayor en la variedad Colombia que en la variedad Caturra, aunque para ambas variedades su inicio fue igual (15 semanas después de la floración principal). En la var. Colombia se observó la infección más alta, los mayores grados de ataque en frutos, los más altos porcentajes de pasilla y la menor producción.

La alta variación de la infección en frutos de una misma edad y entre árboles, la menor producción, así como la pasilla obtenida en la variedad Colombia podría explicarse por diferencias en susceptibili-

dad al ataque de la enfermedad en algunas progenies que constituyen esta variedad. Las evidencias experimentales obtenidas indican que las diferencias en el ataque de la mancha de hierro en frutos se deben más a un factor de tipo genético que de tipo ambiental, ya que en este experimento aún no se ha comprobado efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada y potásica, evaluados sobre la incidencia y severidad de la enfermedad, así como en la producción y la pasilla producida.

Control químico de la mancha de hierro en frutos. En aquellas localidades donde la mancha de hierro es una enfermedad endémica a pesar de llevarse estrictamente las labores agronómicas recomendadas y se registran históricamente altos niveles de ataque en frutos y porcentajes importantes de pasilla, es posible su control químico con una mezcla de los fungicidas Bayleton 4ml/L + Oxiclورو de cobre 12g/L + aceite Carrier 2ml/L, iniciando las aspersiones tres meses después de la floración principal y efectuando solamente dos aplicaciones, con intervalos entre éstas de un mes. Los resultados experimentales obtenidos indican que la mezcla fungicida ya indicada ejerce suficiente protección de la enfermedad en los frutos provenientes de las tres floraciones importantes registradas, sin tener que efectuar 3 aspersiones con intervalo de aplicación de un mes entre ellas, tal como se recomendaba, reduciendo los costos de una aspersión sin detrimento en su eficiencia biológica.

Nuevas enfermedades del cafeto

Virus

Plantas hospedantes y métodos de transmisión. Un nuevo virus en plantaciones de café que causa síntomas de clorosis intervenal, bandas de color amarillo, deformaciones de la lámina foliar, ampollas y sobrecrecimientos, al igual que hinchamiento de nervaduras, necrosamiento y defoliación, se detectó en las localidades de Fusagasugá (Cundinamarca) y Andes (Antioquia). La eficiencia de transmisión por inoculación mecánica varió desde 20% de café a café, 40% de café a *Chenopodium amaranticolor* y 50% de café a *Chenopodium*

quinoa, y no se logró transmitir a *Datura stramonium*, *Phaseolus vulgaris*, *Nicotiana tabacum* y *Gomphrena globosa*. En el caso de transmisión por injerto la eficiencia fue del 80% de café a café, y no se obtuvo éxito en las demás especies probadas. Además, la eficiencia de transmisión por vector mediante el áfido *Toxoptera aurantii* fue de 60% al utilizar hembras ápteras, 65 % con ninfas y 75% con hembras aladas, en las pruebas de café a café en grupos de diez insectos por planta. En grupos de cinco áfidos por planta, la eficiencia fue de 34, 44 y 55% respectivamente.

La transmisión se realiza de manera no persistente y la eficiencia de transmisión por este método para *C. quinoa* y *C. amaranticolor* no supera el 16%. El rango experimental de hospedantes incluye *C. amaranticolor* y *C. quinoa*; en las cuales se producen lesiones cloróticas redondeadas y en algunos casos clorosis sistémica. En cuanto a sus propiedades físicas, el punto final de dilución está entre 10^{-3} y 10^{-4} , su longevidad *in vitro* es de 20 días y su punto termal de muerte es de 70°C. Observaciones al microscopio electrónico de transmisión de muestras foliares en tinción negativa y cortes histológicos ultrafinos, revelaron la presencia de partículas isométricas de 60nm de diámetro, en muestras sintomáticas, tanto de café como de las plantas indicadoras.

Métodos de transmisión, síntomas y efecto del virus en las variedades Caturra, Colombia y Típica. Los resultados obtenidos en ésta investigación permitieron determinar los métodos de transmisión del virus en café. Se logró transmisión mecánica en tres variedades de café (Típica, Caturra y Colombia), con un porcentaje de eficiencia del 60% y con un período de incubación de 25 días. Dicho porcentaje de eficiencia estuvo asociado con las condiciones ambientales bajo las cuales se realizó el método de transmisión, el tejido empleado en dicho procedimiento y por último, el pH y la molaridad de las soluciones tampón. El virus puede transmitirse de café a café por medio de injertos realizados con material proveniente de Fusagasugá (Cundinamarca) y de Andes (Antioquia). El porcentaje de eficiencia de transmisión mecánica del virus fue del 70%. El mejor método de transmisión se consiguió a través del áfido *Toxoptera aurantii*, mediante el empleo

de 10 insectos en estado adulto con porcentajes de eficiencia del 80%. El período de incubación con los áfidos fue de 15 días. Con la realización de cada método de transmisión, se obtuvieron síntomas en café, de los cuales los más importantes son: moteado, clorosis internerval marcada, ampollado de la superficie foliar, manchas anulares, anillos circulares concéntricos cloróticos, pérdida de brillo de las hojas, hinchazón de venas, deformación de la nervadura de hojas, patrón paralelo de la nervadura central, alargamiento de hojas, que en algún momento lograron caracterizar cada método de transmisión.

Los síntomas obtenidos en estas plantas coinciden con algunos de los observados en condiciones de campo. Dichos síntomas incluyen la presencia de clorosis marcada en la mitad de la lámina foliar, hojas con el borde doblado hacia el envés, casi en ángulo recto y arqueado de la nervadura central, moteado de brotes, hojas con textura áspera, necrosis apical, anillos circulares concéntricos y una marcada reducción en el crecimiento de las plantas afectadas.

Finalmente, se logró determinar que el virus afecta el crecimiento y desarrollo de las variedades Caturra, Típica y Colombia. Después de un año de seguimiento se registró una severa reducción en la altura de las plantas afectadas por el virus, en comparación con los testigos. Esta reducción es más marcada a los 6 meses de efectuada la transmisión por áfidos. La altura de las plantas se redujo en un 60% y el área foliar en un 40%, para cada una de las variedades evaluadas. La transmisión por semilla dio resultados negativos, lo cual confirma que los virus pertenecientes a la familia *Caulimoviridae* no son transmitidos por este medio. Mediante análisis de microscopía electrónica, realizado a las plantas de café de cada una de las variedades ya mencionadas, que presentaron síntomas con cada método de transmisión, se encontró la presencia de partículas virales isométricas de 60nm de diámetro, posiblemente pertenecientes a los *Caulimovirus* de la familia *Caulimoviridae*.

Crespera del cafeto

Fitoplasma (MLO). Mediante microscopía electrónica de transmisión, pruebas histoquímicas (DIENES

y DAPI), se han observado en el floema de los cafetos afectados por la enfermedad denominada "crespera", corpúsculos similares a microorganismos prokarióticos conocidos como fitoplasmas (MLOS). Los resultados positivos de transmisión por injerto de planta enferma a planta sana y posterior detección de los corpúsculos de fitoplasma por microscopía electrónica de transmisión y en las pruebas positivas obtenidas en peciolo de hojas de los injertos, mediante las técnicas histoquímicas, Dienes y DAPI, dan un indicio importante sobre la etiología de la denominada "crespera" del cafeto, la cual puede ser ocasionada por un fitoplasma.

Microorganismos simbiotes

Endomicorrizas. La colonización de raíces de plántulas de café por especies nativas de endomicorrizas durante la etapa de almácigo, pone en evidencia la presencia y efecto de estos microorganismos simbiotes en diferentes sustratos para café. La adición de compuestos orgánicos como pulpa de café descompuesta, lombricompost, gallinaza y cenichaza, influyen en las condiciones físicas del suelo, pero también la afectan notoriamente diferentes contenidos de macro y micro elementos en éste, los cuales a su vez estimulan en ocasiones o limitan en otras, la presencia y diversidad de las endomicorrizas nativas.

Con la adición de pulpa se incrementa notoriamente el contenido de potasio en el suelo, mientras que una alta proporción de cenichaza aumenta el pH del suelo y el contenido de fósforo. En almácigos de café, se ha observado que el inicio de la colonización radical por especies nativas de endomicorrizas en un proceso rápido (1 mes después del trasplante aproximadamente) y de relativo incremento en la medida que las condiciones del sustrato estimulen el desarrollo de los simbiotes. Una especie de amplia presencia en suelos para almácigos de café utilizados en las subestaciones de Naranjal y Gigante es *Sclerocystis* spp., la cual se incrementará y se utilizará en investigaciones en café.

Glomus manihotis continua mostrando efectos importantes en plantaciones de café, los cuales se fortalecen cuando se combina con *Entrophospora* co-

lombiana, con resultados importantes como biocontroladores de *Rosellinia bunodes*. Igualmente la bacteria *Pseudomonas cepacia* continua mostrando resultados importantes sola o interactuando con *C. manihotis* y *E. colombiana* protegiendo las raíces de café contra la llaga negra del cafeto.

El uso de fuentes de inóculo comerciales de endomicorizas continua siendo motivo de investigación por Cenicafe, pero no serán recomendadas a los caficultores hasta tanto se realicen todos los estudios necesarios que indiquen no sólo la conveniencia de su uso, sino la calidad de su procedencia. La producción comercial de especies de endomicorizas tendrá que estar regida por mezclas de especies con efecto de sinergismo en sustratos adecuados, con especies adaptadas a nuestros suelos y sobre todo, formulando un inóculo libre de hongos patógenos y de nematodos fitoparásitos.

En los cultivos de Musáceas (plátano y banano) se ha observado, al igual que en el del café, una gran susceptibilidad a la colonización de sus raíces por especies de endomicorizas. Los resultados de muestreos realizados en estos cultivos en la zona cafetera central, mostraron un promedio de colonización por especies nativas del 41%, con una alta producción de propágulos al interior de sus raíces. Estas observaciones alientan los trabajos futuros sobre la importancia de las endomicorizas en la nutrición y control de patógenos radicales en estos cultivos.

El guayacán (*Tabebuia rosea*) se mostró como una especie forestal de alta susceptibilidad a la colonización de sus raíces por *C. manihotis*. Estudios posteriores definirán el efecto más importante de ésta simbiosis.

Otros problemas fitosanitarios

Enfermedades y plagas en orquídeas. Se visitaron 14 cultivos de orquídeas en 4 departamentos, obteniendo un total de 522 muestras en seis especies de *Cattleya* de Colombia. Se obtuvieron 445 aisla-

mientos de hongos purificados los cuales incluyen diversos aislamientos pertenecientes a 11 géneros, entre ellos 146 fitopatógenos. En pruebas de patogenicidad en plantas y hojas desprendidas de *Cattleya* spp. se logró la reproducción de síntomas de manchas foliares causadas por *Trichotecium* sp. y pudriciones blandas causadas por *Colletotrichum* sp.

Se obtuvieron también 53 aislamientos de bacterias, 34 de ellos Gram-negativos, para los cuales se efectuaron pruebas bioquímicas y pruebas de patogenicidad en plantas y hojas desprendidas. Se logró la reproducción de síntomas de pudriciones blandas a partir de un aislamiento determinado como *Erwinia* sp. (grupo Carotovora). No se obtuvieron muestras de nematodos fitoparásitos, pero sí de nematodos saprófitos en muestras de tejido deteriorado.

En cuanto a virus, se logró corroborar la presencia de partículas rígidas y similares a flexuosas e inclusiones virales, en muestras de plantas indicadoras y de *Cattleya* spp., mediante tinción negativa en microscopía electrónica de transmisión realizada en el CIAT, en Cali. Se diagnosticó el virus del Mosaico del *Cymbidium*, CyMV- Potexvirus, utilizando la metodología ELISA, en el 47,8% de las 284 muestras evaluadas, el virus de la Mancha circular del *Odontoglossum* ORSV-Tobamovirus en el 12,6%, y la infección conjunta de ambos virus en el 5,6% de las muestras.

Respecto a las plagas, se obtuvieron 98 muestras de daños y especímenes, encontrándose: pulgón de las orquídeas *Cerataphis orchidearum* y áfidos por determinar (Homoptera: Aphididae), escamas protegidas *Diaspis boisduvalii* y *Furcaspis biformis* (Homoptera: Diaspididae), avispa del brote de la *Cattleya Eurytoma orchidearum* y *Eurytoma* sp. (Hymenoptera: Eurytomidae), avispa de la raíz (Hymenoptera: Pteromalidae), chinches (Hemiptera: Miridae), thrips, posible *Anaphothrips* sp. (Thysanoptera: Thripidae), picudo de las flores *Stethobaris* sp. (Coleoptera: Curculionidae), termitas o comején *Rugitermes bicolor* (Isoptera: Kalotermitidae), otros de importancia secundaria como abejas carpinteras *Xylocopa* sp. (Hymenoptera: Anthophoridae), moscas negras de

marzo (Diptera : Bibionidae), caracoles (Gastropoda : Stylomatophora) y otros insectos ocasionales piojos de la madera (Psocoptera : Psocidae) y hormigas (Hymenoptera: Formicidae).

Algunos de los resultados obtenidos en plagas y enfermedades, pueden ser registros nuevos para estas orquídeas, tanto para Colombia como posiblemente para el mundo.

Mediante estadística descriptiva, se realizó un diagnóstico previo de las condiciones de cultivo y manejo de los cultivos visitados, y por medio de análisis multivariado factorial de correspondencias, se trató de establecer relaciones entre las variables de clima, condiciones de cultivo y manejo sanitario, con la presencia de los distintos problemas muestreados.

Diagnósticos fitosanitarios

Se realizaron visitas de diagnóstico a cultivos de café y cítricos en los departamentos de Caldas, Quindío, Risaralda, Antioquia y Valle, donde se efectuaron los diagnósticos y se recomendaron las medidas de control para las siguientes enfermedades:

Café	Mancha de hierro Llaga macana Roya del cafeto Llagas radicales Virus Fitoplasma Toxicidad por exceso de aplicación de agroquímicos
Cítricos	Enfermedad radical de etiología des conocida.

Publicaciones

Se publicó un Boletín Técnico sobre el manejo de la roya del cafeto; un Avance Técnico sobre la incidencia de la Llaga macana en café y 8 artículos científicos relacionados con diferentes aspectos de la patología del café. También se escribió un documento sobre enfermedades de los cítricos en Colombia para su publicación.

MEJORAMIENTO GENÉTICO Y BIOTECNOLOGÍA

1. Mejoramiento para la obtención de variedades con resistencia completa a la roya (*Hemileia vastatrix*)

Evaluación de materiales de porte alto resistentes a la roya. En dos experimentos, instalados en la Estación Central Naranjal y en Pueblo Bello, Cesar, se evaluaron 46 progenies derivadas de los siguientes cruzamientos: a) Borbón x Híbrido de Timor, b) segregantes de porte alto del cruce de germoplasma de porte bajo x Híbrido de Timor y c) introducciones de *C. arabica* de porte alto x Híbrido de Timor.

Los mejores materiales se obtienen del cruce entre la variedad Borbón y el H. de T. 1343, con producciones de 360 @ de cps/ha-año en Naranjal, y 214 @ de cps/ha-año, bajo sombrío, en Pueblo Bello. La mayoría son estadísticamente iguales al mejor testigo con control químico (Borbón) y varios de ellos lo superan estadísticamente. La mayoría son sobresalientes por las características del grano, especialmente en su tamaño, mayor de 80% de café supremo. En lugares donde las nuevas razas de roya están presentes, por ejemplo en Naranjal, presentan ataques de la roya de poca intensidad, que hacen innecesario el control químico de la enfermedad. Dónde sólo está presente la raza II (Pueblo Bello), están protegidos por resistencia completa.

Evaluación de posibles nuevos componentes de la variedad Colombia. En 2 experimentos instalados en la Estación Central Naranjal se evaluaron 52 progenies derivadas de híbridos simples Caturra x H. de T (# 1343 y 832) desarrollados en Cenicafé y en el CIFC (Centro Internacional de las Royas del Café) y de híbridos dobles Caturra x H. de T. producidos en Cenicafé. Se tuvo como objetivo, la obtención de materiales resistentes a las nuevas razas de roya y con altura igual o inferior a la de la variedad Caturra.

Las características de las mejores plantas de uno de los experimentos (MEG 1.64), escogidas como progenitores para la generación siguiente, se resumen en la Tabla 16. El conjunto de progenitores escogidos es similar en altura a la variedad Caturra y superior a esta variedad en las demás características de interés agronómico.

En el otro experimento, (MEG 1.71), se identificaron las progenies estadísticamente inferiores en altura respecto a la var. Caturra, pero con producción también inferior, comprobándose la asociación positiva que existe entre estas dos características ($r = 0,69$). Además, se comprobó que los derivados del H. de T. #1343 son más productivos, mientras que los provenientes del H. de T. # 832 son de menor altura. Este último híbrido también es de interés para conseguir combinaciones genotípicas de resistencia a roya aún no superadas por las nuevas razas, aunque la evolución de la enfermedad en el último año parece indicar que las razas que le son compatibles ya están en proceso de formación.

Reconstitución de la diversidad genética de la población de Híbrido de Timor. Se evaluaron veinte progenies F1, derivadas de cruzamientos complejos y retrocruzamientos hacia el H. de T., en 2 experimentos en Naranjal. Todas las combinaciones realizadas producen descendientes F1 con alta capacidad productiva, pero con defectos en el grano en la mayoría de ellos. Aproximadamente la mitad de los materiales poseen resistencia completa a la roya, lo cual indica que las combinaciones genotípicas establecidas están dando protección contra las nuevas razas del hongo. En los materiales susceptibles hay niveles bajos de ataque; éstos sugieren que las combinaciones están contribuyendo a aumentar la diversidad. Todos los materiales presentan síntomas de mancha de hierro, pero los niveles de ataque no alcanzan proporciones eleva-

das que hagan presumir la necesidad de control químico. Los mejores materiales conforman un grupo de 90 plantas seleccionadas como progenitoras para la próxima generación, en la cual se espera que se produzcan nuevas recombinaciones para así, originar plantas libres de los defectos que muestran algunos de los progenitores F1 escogidos.

Incidencia y severidad de la roya en variedad Colombia, en fincas de agricultores. Entre el Servicio de Extensión de FEDERACAFE y Cenicafe se realizó un muestreo en 836 fincas de 43 Municipios de 6 Departamentos, para evaluar la incidencia y severidad de la roya. Los resultados se consignan en la Tabla 17.

Sólo en dos Departamentos de Caldas y Quindío la incidencia es de magnitud intermedia, mientras que en los demás es baja. La severidad de la enfermedad es baja en todos los departamentos, lo cual refuerza la recomendación acerca de que no se utilicen medidas de control químico. Se concluye que la resistencia completa existente en una fracción importante de la población (76,6%), acompañada de la resistencia incompleta existente en el resto (20,3%), está brindando la protección que actualmente presenta la variedad Colombia en un sector significativo del país. Esta situación confirma la resistencia durable de la variedad Colombia después de 20 años de cultivo.

Evaluación de la supervivencia relativa de las razas II y XXII de *Hemileia vastatrix*. En el presente trabajo se busca determinar si dos de las razas de *H. vastatrix*, la raza II (v 5) y la raza XXII (v 5,6), una más compleja que la otra en su constitución genética, se diferencian en cuanto a la capacidad para sobrevivir en un genotipo susceptible común. Con este propósito, se están realizando dos estudios bajo condiciones controladas: en el primero se inoculan

Tabla 16. Características de plantas seleccionadas como progenitoras de la var. Colombia.

	Produc- ción @/ha	Granos vanos %	Granos caracol %	Café supremo %	Roya (0-9)	Altura 24 meses
Plantas selec.	544	4,6	7,9	86,9	1	155
Caturra CC	465	4,0	9,0	60,4	4	145
Caturra SC	408	4,5	9,2	57,8	5	149

Tabla 17. Incidencia y severidad de la roya del café en 836 fincas de Colombia

Departamento	Incidencia (%)		Severidad (0 - 9)	
	X	Variación	X	Variación
Antioquia	16,1	2,5 a 44,8	0,33	0,6 a 1,04
Caldas	39,4	0,0 a 72,0	1,14	0,0 a 2,03
Nariño	7,9	4,0 a 9,0	0,17	0,06 a 0,3
N. Santander	15,0	1,8 a 29,1	0,27	0,03 a 0,62
Quindío	41,9	25,7 a 71,1	1,18	0,57 a 1,77
Tolima	5,5	0,0 a 28,5	0,1	0,0 a 0,3
	20,9		0,5	

las dos razas, por separado, sobre un susceptible común y se evalúan sus características epidemiológicas; en el segundo, se determina la capacidad de las razas para competir, después de mezclarlas en iguales proporciones y mantenerlas por varias generaciones sobre un susceptible común, evaluando para cada generación el cambio respecto a la proporción inicial. Finalmente, mediante muestreos de la variedad Caturra, se evalúa la conformación de la población de razas de roya bajo condiciones naturales. Los experimentos, aún en marcha, denotan que:

- No hay diferencias entre las características epidemiológicas de las razas II y XXII, cuando se inoculan por separado sobre plántulas de variedad Caturra.
- Después de un primer ciclo de inoculación en la var. Caturra, hay disminución en la proporción de la raza XXII cuando se inocula en mezcla con la raza II. Sin embargo, después del segundo ciclo de inoculación se nota un incremento en la frecuencia de la raza XXII, por causas aún no establecidas claramente.
- En condiciones naturales, en los sitios donde se ha hecho el muestreo de la población de razas, no se ha encontrado la raza XXII ni otra compatible con los derivados del Híbrido de Timor.

2. Selección por resistencia incompleta a la roya

Evaluación en progenies de Caturra x Portadores de factores de resistencia SH1 y SH4. Concluyó la evaluación de 20 progenies procedentes de los Híbridos H.2165, H.2185, H.4075 y H.4078, en los

cuales participan como progenitores las introducciones Cioccie, Dalecho y Geisha, y las especies *C. canephora* y *C. dewevrei*. Algunos de estos genotipos portan los genes de resistencia SH1 y SH4.

La selección por diferentes atributos, permitió escoger un grupo de genotipos con resistencia incompleta a la roya y características del grano similares a las de la var. Caturra con control químico (Tabla 18).

Progenies con la recombinación Caturra-San Bernardo - Híbrido de Timor. Se evaluaron 12 progenies derivadas de los Híbridos H.3127, H.3131 y H.3132, que poseen la recombinación de los genes Ct y SB, que modifican la longitud de los entrenudos, reduciendo la altura de las plantas a 50 - 60% con relación a la var. Caturra. Poseen además resistencia incompleta a la roya, procedente del Híbrido de Timor. Como resultado de la selección simultánea se escogió un conjunto de progenies con producción similar a la variedad San Bernardo, tamaño de grano sobresaliente y resistencia incompleta a *H. vastatrix* (Tabla 19)

Progreso de la roya sobre genotipos con probable resistencia incompleta a *H. vastatrix*. En cuatro experimentos localizados en la Estación Central Naranjal, se está evaluando la progenie de 89 progenitores de generaciones F3, F3 RC1, F4, F4 RC1, F5 y F6, que proceden de 17 híbridos, en 14 de los cuales participa el Híbrido de Timor como progenitor común. Las plantas que dieron origen a estas progenies presentan en el campo lesiones con esporulación nítidamente observable.

Las condiciones ambientales del año 1998, favorecieron la ocurrencia de epidemias de roya sobre

Tabla 18. Genotipos con resistencia incompleta a la roya del cafeto.

Progenitor	Producción 1/	Características grano (%)			Incidencia de roya			% de plantas/grado		
		Supremo	Vanos	Caracol	2/ (%) Ab Jn Ag			0	3/ <4	>4
DZ.952	6,0	79,4	3,7	9,0	28	35	44	13	71	16
DZ.967	6,5	76,8	3,6	9,3	33	45	46	1	72	27
DZ.969	6,4	78,8	3,7	8,3	26	30	33	4	80	16
DK.1788	5,3	72,7	4,2	9,7	4	11	20	18	61	21
Testigos										
Caturra	5,9	48,5	4,0	7,9	2	6	12	11	76	13
Colombia	5,6	67,1	4,8	11,7	1	1	3	36	64	0

1/ kg de cereza/planta-año

2/ Epidemia severa (1996)

3/ Escala 0-9, nueve lecturas (Jl/95 - Ab/99)

estos materiales. El seguimiento periódico del progreso de la enfermedad a través del año, permitió calcular, para cada genotipo, el área bajo la curva, el nivel máximo de enfermedad y la tasa media de infección. La comparación de estas variables entre genotipos y con la var. Caturra (testigo susceptible), permitió establecer en todos los casos que los derivados del Híbrido de Timor difieren estadísticamente de la var. Caturra y de otros genotipos susceptibles de *C. arabica*. Se puede concluir que en los derivados de C x H. T., las epidemias de roya se inician con notable retraso en el tiempo y las tasas de incremento de la enfermedad son menores que en la var. Caturra.

Estudio de la epidemia de *Hemileia vastatrix* Berk. y Br. en la var. Caturra, en condiciones de almácigo. Con el objeto de desarrollar una metodología eficiente y reproducible para la inducción de epidemias de *H. vastatrix* en plántulas de almácigo, se realizaron inoculaciones por aspersión sobre las hojas cotiledonares y el primer par verdadero, utilizando 600 plantas de la var. Caturra. Las plantas se sortearon en cuatro grupos de 150, que se aislaron entre sí y recibieron los siguientes tratamientos: inóculo de la raza II, sometiendo un grupo a condiciones de cámara húmeda a los 30 días y otro grupo a los 30 y 60 días, mezcla de inóculo proveniente del campo, recolectado en la var. Caturra, empleando

Tabla 19. Progenies promisorias del cruzamiento Caturra x H de T.

Híbrido	Progenitor	Prod 1/	Altura Planta	Características de grano			% plantas /grado		
				% Vano	% Caracol	% Supremo	0	3/ 1 < 4	> 4
H.3127	GH.1105	2,8	55	7,9	11,5	69,4	34	64	2
"	GH.1104	2,7	57	7,6	9,2	72,0	7	87	6
H.3132	GH.905	2,8	59	8,1	7,9	69,8	4	94	2
Testigos:									
Colombia		5,4	143	7,4	12,1	64,6	19	80	1
Caturra		5,3	135	6,5	10,0	44,7	-	-	-
San Bernardo		3,2	107	5,7	7,7	79,7	6	94	0

1/ kg cereza/planta-año

2/ Medida a los 24 meses

3/ Grados 0 - 9, siete lecturas (Mar./96 - Abr./99)

los mismos períodos de tiempo en la cámara húmeda. Las condiciones eran de humedad relativa saturada y constante, al término del primer y segundo monociclo del patógeno, para facilitar la dispersión entre y dentro de las plantas.

Durante 80 días se realizaron ocho evaluaciones mediante muestreos de carácter destructivo, una cada 10 días. Se midió la severidad del ataque como el porcentaje de área foliar infectada, medida entre el segundo y sexto par de hojas verdaderas. Las medidas de severidad a través del tiempo, se sometieron al análisis de regresión lineal bajo cinco modelos epidemiológicos: lineal, exponencial, monomolecular, logístico y Gompertz. El mejor ajuste se logró con el modelo exponencial, cuyos coeficientes de determinación variaron entre 0,61 y 0,77, los parámetros de la regresión fueron estadísticamente diferentes a cero. Las tasas de progreso de la epidemia para los cuatro tratamientos fueron de 0,038; 0,023; 0,024 y 0,028% de área foliar afectada/día. Los resultados obtenidos hasta el momento sugieren que es factible la inducción de epidemias de *H. vastatrix* en condiciones de almácigo.

Evaluación de la resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*, razas II y XXII en progenies de Caturra x Híbrido de Timor del grupo fisiológico "E", en condiciones de almácigo. La caracterización de germoplasma derivado de Caturra x Híbrido de Timor por resistencia incompleta a *H. vastatrix*, en condiciones de almácigo, implica la identificación, en una primera fase, de las plantas de grupo fisiológico "E" (compatibles con la raza II) y en una segunda, la medida de los llamados componentes de la resistencia incompleta sobre estas mismas plantas. Mediante este procedimiento, dentro de la descendencia de 29 progenitores de generaciones avanzadas de C. x H.T., se identificaron las plantas del grupo "E" y en ellas se midieron los componentes de la resistencia incompleta después de ser inoculadas con las razas II y XXII. En todas las pruebas se utilizó como testigo la var. Caturra. Los resultados hasta ahora obtenidos demuestran que entre las plantas analizadas existen diferencias significativas en su reacción a la roya, lo cual sugiere la existencia de resistencia incompleta en algunas de ellas. También demuestran que entre las razas no existen di-

ferencias, ya que las reacciones de las plantas fueron iguales, independientemente de la raza inoculada.

3. Selección por resistencia a la enfermedad de los frutos, CBD (*Colletotrichum kahawae*)

Evaluación agronómica en Colombia, de materiales posiblemente resistentes al CBD. El cultivar Rumé Sudán es utilizado en varios países como testigo en pruebas de resistencia contra el CBD. En dos experimentos de Naranjal se estudiaron las características agronómicas de 13 progenies F3 y 16 F4 de Rumé Sudán X Catuai. Esta combinación origina materiales con producciones aceptables pero con defectos importantes en las semillas, los cuales se transmiten a la descendencia y limitan el avance en la selección. Como resultado, ninguna planta F3 y muy pocas F4, se seleccionaron como progenitoras para la próxima generación. Las limitaciones de los derivados de Rumé Sudán, ponen de manifiesto que el Híbrido de Timor, otro recurso genético empleado para obtener materiales resistentes, continúa siendo la mejor alternativa.

En otro experimento se evaluaron 22 progenies F1 de cruces entre progenies C. x H. de T de Cenicafé y materiales de *C. arabica* de la colección de ORSTOM. Ambos progenitores tienen antecedentes de ser resistentes al CBD. En la mayoría de las progenies F1 los defectos en los granos superan los límites para la selección. Los mejores individuos F1 conforman un grupo de 38 plantas que se utilizarán para obtener la generación siguiente.

Prueba de la resistencia al CBD en germoplasma de Cenicafé, en el CIFC (Portugal). En 1999 se probaron 61 progenies F6 de Caturra x H. de T., posibles componentes de la variedad Colombia. De estos materiales, ocho progenies presentan resistencia a 3 aislamientos (Kenia, Malawi y Zimbabwe), 11 a 2 aislamientos (Malawi y Zimbabwe) y una progenie es resistente a un aislamiento (Malawi o Zimbabwe).

Evaluación de la resistencia al CBD en germoplasma de Cenicafé, en condiciones de cam-

po en Zimbabwe. En febrero de 1999 se instalaron en 3 localidades de Zimbabwe, 3 experimentos con los materiales enviados por Cenicafé en el año anterior, para ser evaluados por su resistencia al CBD. Una calificación del vigor vegetativo, indicativo de la adaptación del material, generó los siguientes resultados: a) el crecimiento y vigor es desigual en las 3 localidades, b) la mejor adaptación la presentan las progenies F5 de Caturra x H. de T., seguidas de las progenies F3 y de las progenies F2 del mismo cruzamiento, c) hay varios genotipos que seguramente tendrán el crecimiento y vigor necesarios para evaluar, posteriormente, el efecto de *Colletotrichum* sp. sobre los frutos.

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

Evaluación de genotipos en condiciones de campo. Se presentan los resultados de los experimentos Meg 0808 a Meg 0814, desarrollados para evaluar en campo la resistencia por antixenosis de 213 introducciones o variedades de café a la broca. De las introducciones probadas, 143 fueron recolectadas por la misión de FAO en Etiopía de 1964-65 y eran de origen silvestre o semisilvestre, en su mayor parte provenientes de una sola planta. La mayoría de las variedades eran cultivadas en países de América.

Los experimentos se sembraron en Junio de 1994 en la Subestación Experimental "La Catalina" de Cenicafé, en un diseño completamente al azar con 30 o 31 progenies por experimento, 10 repeticiones, la planta como unidad experimental y la var. Caturra como testigo. Para lograr altos niveles de infestación, se intercaló un surco de Caturra cada dos de las plantas por evaluar. Las evaluaciones comenzaron el primer semestre de 1997, cuando la infestación era mayor del 20%. Se realizaron 7 en 1997 y 10 en 1998, para lo cual, en cada pase de recolección se pesó la producción por planta y se determinó el porcentaje de granos brocados. Con esta información se calculó la producción y el porcentaje de infestación acumulado por planta por año y el total. Estos acumulados se calcularon teniendo en cuenta la producción por planta en cada pase

(ponderada) y sin considerarla (bruta). Con la información anterior se realizaron análisis de correlación entre los diferentes procedimientos para calcular la infestación, y entre éstos y la producción. Se realizaron análisis de varianza de acuerdo con el diseño y cuando las diferencias fueron significativas se compararon las progenies con el testigo por medio de la prueba de Dunnett.

En todos los experimentos realizados durante el año de 1997 y el primer semestre de 1998, la infestación fue alta; pero en el segundo semestre de 1998 disminuyó notablemente, haciendo poco eficiente la selección. Se atribuyó el fenómeno a un período de casi tres meses de ausencia de producción que ocurrió en la zona, acompañado de fuertes precipitaciones. Se analizó la distribución espacial de la infestación en los experimentos MEG 0811 y MEG 0814, y no se detectaron puntos de agregación que pudieran estar ocasionando escape de algunas plantas y aumentando el error experimental. Se encontró una estrecha asociación positiva entre la infestación acumulada ponderada y la infestación acumulada bruta, por lo que se decidió analizar una de las dos variables: la infestación ponderada. Entre experimentos hubo diferencias en los niveles de infestación, presentándose las menores proporciones en los sembrados con mayor número de linajes de introducciones etíopes. Ningún material resultó inmune al insecto. En los experimentos se presentaron diferencias significativas entre progenies en los semestres con altas poblaciones de broca, pero no en el segundo semestre de 1998. Hubo linajes que en el acumulado de los dos años tuvieron hasta 40% menos de infestación que la var. Caturra.

En el experimento MEG 0814, en el cual se compararon 18 introducciones etíopes y 5 variedades cultivadas en América, entre ellas var. Colombia, se encontraron diferencias significativas entre introducciones. Las variedades americanas tradicionales tuvieron infestaciones altas y estadísticamente iguales; esto fue atribuido a su estrecha base genética, mientras que algunas introducciones etíopes tuvieron menos de 20% de cerezas perforadas por la broca en el acumulado de los dos años. No se encontró correlación entre la productividad y el porcentaje de infestación, lo cual sugiere que la baja infestación en algunos genotipos no se debe a un

escape. No hubo diferencias entre las variedades Colombia y Caturra, las cuales superaron el 30% de infestación. Tampoco se observaron diferencias notables en la distribución de sus cosechas.

Métodos para evaluar antixenosis y antibiosis a *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en genotipos de café bajo condiciones controladas. Se presentan resultados relacionados con dos experimentos realizados para evaluar antixenosis y tres para antibiosis. En el primer experimento, en un diseño completamente al azar con 8 repeticiones, se evaluó la frecuencia de colonización de la broca sobre frutos maduros de la var. Caturra, colocados en bandejas de malla con 200 frutos (unidad experimental) y colgados de alambres en una jaula entomológica a alturas de 55, 85, 115 y 145cm, en un cuarto con temperatura de $27^{\circ}\pm 2^{\circ}$, humedad relativa del 80%, con 12 horas de luz, y una relación de tres brocas por fruto. Se encontró que la colonización fue mucho mayor del 20%, propuesto como nivel mínimo requerido para el experimento. Se presentó una relación directamente proporcional entre frutos brocados y la altura, lo que determinó el uso de diseños de bloques para la evaluación de la antixenosis con este procedimiento

En el segundo experimento, compuesto por tres ensayos en bloques al azar, se evaluaron de 8 a 11 genotipos por antixenosis, usando las condiciones definidas en el experimento anterior y las relaciones de infestación 3:1, 2:1 y 1:1. Las dos primeras relaciones resultaron en poblaciones muy altas del insecto que impidieron observar diferencias. La relación 1:1 mostró diferencias significativas en el número de frutos brocados entre los genotipos E-496, E-315 y el testigo.

En el primer experimento establecido para evaluar antibiosis, se colocaron granos de café pergamino con una humedad del 45% en cajas plásticas rectangulares que se taparon luego de colocar en su interior brocas adultas en relación 2:1. Se realizaron 3 ensayos en un diseño completamente al azar evaluando de 8 a 10 genotipos por ensayo, incluida la var. Caturra como testigo, con 4 repeticiones y la caja como unidad experimental. Se realizaron evaluaciones cada siete días, cuatro en total, contando el número de estados biológicos en diez granos por caja.

El análisis de varianza mostró diferencias significativas entre los genotipos y el testigo. Este método puede ser utilizado para evaluar antibiosis, aunque la cantidad de frutos necesarios y la pérdida de humedad del grano puede resultar limitativa.

En otro experimento se evaluaron dietas merídicas elaborados con café proveniente de 7 introducciones del banco de germoplasma y del testigo, en un diseño completamente al azar, 40 repeticiones y un vial con 1g de dieta. Se contaron los estados biológicos en cuatro evaluaciones cada diez días, y se compararon los resultados mediante un análisis de varianza; no se encontraron diferencias significativas entre los genotipos y el testigo.

En el tercer experimento de antibiosis, se buscó disminuir la pérdida de humedad del grano pergamino y el número necesario para realizar las evaluaciones. Se evaluaron 11 genotipos en dos ensayos, con un diseño completamente al azar, 40 repeticiones y utilizando un vial con un grano y una broca como unidad experimental. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre los genotipos evaluados y el testigo.

Se concluye que las jaulas entomológicas bajo condiciones controladas pueden servir para evaluar antixenosis y que para antibiosis, se puede elegir entre las cajas y los viales con grano pergamino.

5. Desarrollo de híbridos interespecíficos.

Se obtuvieron resultados parciales en los experimentos MEG0642, 0643 y 0644, en los cuales se estudian poblaciones derivadas de cruzamientos con *C. canephora*. En el primer experimento se evalúan 27 progenies F3RC1, en el segundo 26 F2RC2 y en el tercero 9 F2RC1 y 7 F3RC1. Todos los experimentos están sembrados en un diseño láttice con dos repeticiones.

Luego de seis evaluaciones durante dos años, la mayoría de las plantas de los tres experimentos no han tenido infecciones por roya mayores de 4 en la escala de Eskes, lo cual es un buen nivel de resistencia a la enfermedad, y varias progenies no la han

mostrado en ninguna de sus plantas. Algunas progenies han sido probadas en el CIFIC con diferentes razas de *Hemileia*, segregando sólo plantas A. La altura promedio de las progenies es similar a la de la var. Caturra.

En las plantas del experimento MEG0642, los granos vanos y caracoles están dentro de los límites comerciales. La frecuencia de café supremo de la mayoría de las progenies de este experimento corresponde a la de grano grande, mientras que en el experimento MEG06.43, solo 5 progenies combinan este tipo de grano con menos de 14% de granos caracol y 10% de supremo, proporciones muy cercanas a las permitidas comercialmente. En el experimento MEG0644 las progenies de grano grande tienen muy elevada frecuencia de caracol, lo cual se constituye en su principal factor limitativo.

La producción promedio para los dos años en los experimentos MEG0642 y 0643, estuvo por encima de 320 @ de cps/ha, mientras que en el MEG0643 fue de 280 @. Por lo menos la mitad de las progenies estudiadas en los tres experimentos ha tenido un promedio similar al de los testigos Colombia y Caturra, con control.

6. Conservación, mantenimiento, evaluación y documentación de germoplasma

El esfuerzo de documentación se concentró en los lotes MEG05.16 (Etiopía III), MEG05.02 (Árboles Sobresalientes I) y MEG05.19. El MEG05.16 es un lote dividido en tres partes que contienen las introducciones recolectadas por la misión de la FAO de 1964-65 en Etiopía, y que probablemente es el germoplasma más valioso de la especie que se tiene en la Colección. En este año se terminó la documentación de toda la información relativa a datos de origen, evaluaciones, localización y estado, y se elaboraron planes de renovación y manejo que aseguren su conservación. Además, con la información disponible se pueden planear nuevas evaluaciones y su utilización dentro de la disciplina.

El MEG05.02, es un lote sembrado con progenies de plantas seleccionadas por productividad y tama-

ño de grano en experimentos realizados en la disciplina, antes de la llegada de la roya al país. Una vez sistematizada la información, se encontró que varios materiales estaban duplicados en otros experimentos y otros ya no tenían interés, por lo que fueron eliminados. Se programaron evaluaciones y actividades de manejo.

El MEG05.19 fue sembrado como parcelas de observación, con progenies de generaciones tempranas de Caturra x H de Timor, para ampliar la base genética de la resistencia a roya en los genotipos mejorados, y de Caturra x Sudán Rumé, para obtener recombinantes con resistencia a la enfermedad de los frutos del café (CBD). El estudio, reveló que progenies de los mismos cruzamientos ya se encontraban en otros experimentos en generaciones más avanzadas, y que algunas progenies no tenían la resistencia esperada a CBD, por lo que se decidió seleccionar algunas plantas y eliminar el experimento.

7. Propagación y producción de la semilla de la variedad Colombia

Con el propósito de incrementar la oferta de semilla de variedad Colombia a los caficultores colombianos, se adelantaron planes de renovación y ampliación de nuevas siembras en los actuales campos productores. También, se sembraron áreas adicionales en predios de la Estación Central Naranjal (Caldas), y las Subestaciones La Catalina (Risaralda) y Paraguaicito (Quindío).

Como resultado, en la Tabla 20, se proyecta la oferta de semilla para el quinquenio 2000 - 2004.

8. Estudio de algunos metabolitos secundarios del café verde para la selección de genotipos en programas de mejoramiento genético.

Dentro del género *Coffea* existen diferencias en algunos de los metabolitos secundarios que han sido aprovechadas en estudios de diferenciación y clasificación de genotipos. En el presente trabajo se realizó la comparación del contenido de los ácidos hidroxycinámicos y alcaloides de la variedad Colombia (*C. arabica*, var. Caturra x Híbrido de Timor), de los progenitores, de la primera generación del cru-

Tabla 20. Plan de producción de semilla de la variedad Colombia en Cenicafé.

Año	Kg.	(%)
2000	49.250	100
2001	104.800	212
2002	113.900	231
2003	110.080	224
2004	88.800	180

zamiento, y de otros genotipos de interés, empleando HPLC, HPLC-MS y HPLC semipreparativa. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre genotipos, que permitieron agruparlos según el número y el contenido de estos compuestos. También se estudió la fracción diterpénica del café verde empleando CCD, CCD preparativa y HPLC, encontrándose que es posible determinar el grado de similitud entre los híbridos y sus progenitores, por medio de estas técnicas. Los resultados sugieren la posibilidad de utilizar los contenidos de tales metabolitos como una ayuda para conocer el grado de afinidad de los genotipos, para orientar la selección en programas de hibridación. (Trabajo parcialmente financiado por COLCIENCIAS).

9. Sistemas de regeneración aplicados al mejoramiento

Identificación de componentes de Variedad Colombia con alta capacidad embriogénica. Se están identificando componentes de la variedad Colombia, con alta capacidad embriogénica, por medio de embriogénesis somática directa (ESD) e indirecta (ESI), como materiales de interés para los trabajos de transformación genética. En este año se evaluaron 37 genotipos, encontrándose que por vía ESD el genotipo BI.625 tuvo capacidad alta. Los genotipos BH.813, DH.4 y CU.1812 mostraron capacidad media y el resto fueron recalcitrantes. Por la vía ESI, BI.625 fue nuevamente el único que mostró capacidad alta y el resto de genotipos tuvieron capacidad baja o nula, confirmando estos resultados los obtenidos en 1997. Los componentes actuales de la var. Colombia son diferentes a los iniciales, que habían sido regenerados de 1991 a 1996, y dentro de los cuales se identificaron 13 con capa-

cidad embriogénica alta. Esto indica que existe una asociación entre la respuesta embriogénica de los genotipos y el progenitor de donde provienen. Para este nuevo grupo, en su mayoría recalcitrantes, se deben probar otros métodos de regeneración.

Avances en la metodología. El empleo de explantes, después de varios ciclos de regeneración, mejoró la capacidad embriogénica de genotipos de *C. arabica* Var. Colombia, lo cual puede ocurrir debido a que durante el proceso de diferenciación se inducen cambios genéticos o epigenéticos estables en los callos no embriogénicos.

En la fase de adaptación se seleccionó un sustrato, suelo con gravilla, que produce normal crecimiento aéreo y radical, baja mortalidad y reduce los costos de adaptación de las plántulas en el invernadero, porque se evita el empleo de fertilizantes.

Finalmente, se destaca la inducción y regeneración de plántulas derivadas de polen de café mediante precultivo con colchicina, lograda por primera vez en Cenicafé. Este es un resultado muy relevante, alcanzado por métodos biotecnológicos, que pone al alcance del mejoramiento genético convencional, el uso de plantas haploides para la investigación.

10. Selección asistida por marcadores moleculares

Determinación de la variabilidad genética de poblaciones de *Coffea arabica* empleando marcadores moleculares RAPD. En un primer estudio se está caracterizando el perfil genético de introducciones semi-silvestres de *C. arabica* de Etiopía de la colección de la FAO, que han presentado diferente grado de infestación por broca, empleando marcadores moleculares RAPDs. Esta investigación constituye el comienzo del conocimiento molecular de la variabilidad existente en la colección de germoplasma de Cenicafé, así como el establecimiento de relaciones filogenéticas entre estos materiales y la potencial identificación de marcadores ligados a genes de resistencia a broca, contribuyendo a la selección de genotipos en programas de fitomejoramiento.

El experimento consta de 2 fases; en la fase I se están evaluando 9 genotipos de la colección, seleccionados de acuerdo a su ubicación geográfica durante la recolección en Etiopía, con 65 iniciadores, de los cuales se escogerán aquellos que presenten comportamiento polimórfico para ser ensayados sobre 53 introducciones más en la fase II. Hasta el momento se han analizado 21 iniciadores, de los cuales 7 han mostrado variabilidad entre los genotipos, obteniéndose 25 bandas polimórficas de un total de 171, lo que corresponde a un 14,6 % de polimorfismo.

Por otra parte, se inició la búsqueda de polimorfismo genético en diferentes poblaciones de híbridos interespecíficos en desarrollo del experimento MEG0654. Esta investigación combina el uso de marcadores moleculares con el estudio del comportamiento reproductivo a nivel citogenético. Parte de este trabajo se hace en colaboración con el laboratorio BIOTROP de Francia.

Identificación de marcadores RAPD ligados con resistencia incompleta a roya, por medio de BSA.

Este proyecto tiene como objetivo la identificación de marcadores moleculares asociados a resistencia incompleta a la roya del café, usando la técnica de PCR en combinación con Análisis de Segregantes Agrupados (BSA). Hasta el momento se ha adelantado la fase I, donde se han evaluado 22 iniciadores de PCR de un total de 200, por medio de la técnica RAPD. De estos, 12 han mostrado polimorfismo al menos en uno de los progenitores. Estos iniciadores serán utilizados posteriormente en la fase II.

En pruebas preliminares se observó el efecto de diferentes mezclas de ADN de dos genotipos, Híbrido de Timor (resistente a CBD) y *C. arabica* var. Caturra (susceptible), en la detección del marcador M6₂₀₂₇ asociado con el gen T de resistencia a CBD. Se logró detectar el marcador hasta una proporción de 0,2. Este nivel de detección indica que en un grupo conformado por la mezcla del ADN de 10 individuos, será posible amplificar el marcador por la técnica RAPD, si al menos dos de ellos lo tienen. Se realizó un segundo ensayo para determinar si existían diferencias entre el ADN extraído de muestras previamente agrupadas y extracciones separadas de cada una de ellas. Los resultados obtenidos

muestran que se puede hacer extracción de ADN en masa, previo al análisis de segregantes agrupados (BSA). No se observó cambio en el patrón de bandas entre las extracciones individuales de ADN y la extracción del ADN de las muestras agrupadas. Todos los genotipos del grupo siguen siendo representados luego del agrupamiento, permitiendo analizar un gran número de individuos por grupo al trabajarlos como una sola muestra. En la fase II se evaluarán los iniciadores escogidos en dos poblaciones, una con alto nivel de resistencia incompleta y otra susceptible a la roya.

Desarrollo de marcadores microsatélites en café.

Dentro del proyecto que se adelanta en cooperación con la Universidad de Cornell para el desarrollo de marcadores microsatélites para la construcción de un mapa genético de café, se lograron importantes avances durante el presente año. Se resolvieron los problemas metodológicos que habían detenido la producción de secuencias, se desarrollaron nuevos microsatélites a partir de una librería genómica de café y se construyeron librerías enriquecidas con secuencias de microsatélites, las cuales deben acelerar la obtención de estos marcadores. Finalmente, se logró la optimización de varios de estos marcadores con los cuales, hasta el momento no se habían obtenido amplificaciones satisfactorias en materiales de café.

Por medio de experimentos de hibridación de ADN de café con sondas radioactivas, fue posible determinar que los microsatélites AG, ATT, ATC se encuentran presentes en alta frecuencia en el genoma de café, los microsatélites CGG, GAG, TCT se encuentran presentes en una frecuencia media y los AC, TGG parecen ser muy poco abundantes en café. En otras plantas se han encontrado frecuencias similares de microsatélites. Estos resultados son importantes en la búsqueda de nuevos microsatélites en el genoma de café, especialmente al seleccionar los oligonucleótidos que se utilizan para la construcción de librerías enriquecidas con estos marcadores.

Se realizó la construcción de varias librerías enriquecidas, las cuales se están probando actualmente. Hasta el momento se han seleccionado un total de 85 clones a partir de estas librerías, los cuales

están pendientes de ser ensayados para determinar la presencia de microsatélites en sus secuencias. Es de esperar que el proceso de desarrollo de marcadores en café se acelere con estas librerías.

A partir de la librería genómica de café se han producido un total de 86 secuencias, desde el inicio del proyecto en Marzo de 1998. Existen además en proceso un total de 105 clones y 23 secuencias de clones, los cuales están pendientes de ser analizados para determinar la presencia de microsatélites y del diseño de nuevos *primers*. Finalmente, se organizaron en archivos todos los protocolos que se han optimizado para su obtención en café, así como las bases de datos donde se deposita toda la información que se genera en el proyecto.

Obtención de marcadores RFLP. Para la obtención de clones que pudieran ser utilizados como marcadores RFLP, se realizó el "screening" de la biblioteca de cDNA de semillas de café. De esta prueba se aislaron 65 clones de los cuales se recuperaron 40 insertos que fueron subclonados en los plásmido pBluescript KS y pGEM-3Z. Con estos plásmidos se transformaron células competentes de *E. coli* DH5a y JM109. De las colonias transformadas se realizaron minipreparaciones del DNA plasmídico. Se obtuvieron 16 minipreparaciones en las que se confirmó la presencia del inserto.

11. Investigaciones en Ingeniería Genética.

Clonación de genes expresados en semillas. Se realizaron Southern blots con las sondas de los genes de Arabicina y Glutelina, con el fin de obtener el patrón de hibridación con el DNA de café dirigido con algunas enzimas de restricción. Se obtuvieron señales claras de hibridación de Arabicina con las enzimas *Sph* y *Pst* I, mientras que con Glutelina hasta el momento no se han obtenido señales. En la búsqueda de clones diferentes a Arabicina, se realizó un screening de aproximadamente 15000 placas con la sonda de Arabicina (900 pb) marcada con el sistema DIG-High Prime de Boehringer Mannheim. Se obtuvieron 11 señales positivas en 5 de las cajas evaluadas. Las membranas fueron reprobadas con la sonda de Glutelina y

no se presentó señal de hibridación en ningún caso utilizando diferentes condiciones de astringencia.

Se inició también la construcción de una biblioteca genómica de *Coffea arabica* var. Colombia. Para la extracción y purificación del DNA de alto peso molecular se utilizaron segundos pares de hojas frescas del genotipo CU.1872. La digestión parcial del DNA de alto peso molecular con 0,0125 unidades de *Sau* 3 A1/ μ g de DNA produjo el mayor número de fragmentos de 20 Kb, adecuados para la clonación en el vector.

12. Transformación genética de variedades élite de café.

Transformación de protoplastos. Se inició la evaluación de la capacidad de los genotipos BI.698, BK.50 y BK.620 y de la variedad Caturra de ser transformados con el método de Polietilén Glicol (PEG) en el proceso transformación de protoplastos. En estos ensayos se utilizó la geneticina como agente de selección. Hasta el momento se han obtenido callos en todos los controles sin geneticina, de los genotipos BK.620, BI.698 y de la variedad Caturra, tanto en los transformados como en los no transformados. Del genotipo BK.50 no se han obtenido callos en ninguno de los tratamientos. De los protoplastos transformados con DNA y colocados en medio de selección, hasta el momento no se han obtenido microcallos. En algunos genotipos sólo se observa la formación de microcolonias. El desarrollo y la formación de microcallos de protoplastos transformados siempre es más lento que en los controles sin transformación.

Por otra parte, se evaluaron diferentes concentraciones y tiempos de aplicación de Higromicina B a protoplastos de los genotipos BK.620 y BI.698 y de la variedad Caturra, para establecer su concentración óptima como agente de selección para los experimentos de transformación. Los resultados preliminares muestran que concentraciones de 30 y 45 μ g/ml aplicadas a las 2 semanas del aislamiento de los protoplastos de los genotipos BK.620 y de la variedad Caturra, tienen un efecto sobre la regeneración de éstos, reflejado en la disminución del número de microcallos con respecto a los controles, a medida que se aumenta la concentración de

Higromicina B. En los tratamientos con 60 μ /ml solamente hay formación de microcallos cuando esta se aplica a las 4, 6 y 8 semanas. Por tanto, podría sugerirse la utilización de la higromicina en una concentración de 60 μ /ml a las dos semanas del aislamiento.

Transformación de cultivos embriogénicos. Con base en los experimentos realizados dentro del convenio con la Universidad de Cornell, se estudiaron y ajustaron los factores que inciden en el establecimiento de una metodología para la transformación genética del café en las condiciones de Cenicafé. Se logró el desarrollo de un nuevo procedimiento de transformación genética que permitió mejorar significativamente en eficiencia y reproducibilidad la expresión transitoria de genes reporteros introducidos al café. Simultáneamente se conformó un grupo de investigadores con capacidad de realizar los experimentos necesarios para la transformación genética del café.

Evaluación de un promotor específico del endospermo. Con el fin de evaluar un promotor específico del endospermo de Café en plantas transgénicas de tabaco y café, se determinaron las condiciones de propagación *in vitro* de *Nicotiana benthamiana* (tabaco), que posteriormente se transformó por las vías de *A. tumefaciens* y de biolística utilizando tejido foliar.

FISIOLOGIA VEGETAL

Crecimiento del cafeto

Crecimiento del cafeto en tres altitudes. Desde enero de 1996 se está estudiando en intervalos trimestrales y durante cinco años, la producción de materia seca y la incorporación de los nutrimentos en los diferentes estadios del crecimiento y en los diferentes órganos aéreos (tallos, ramas, hojas y frutos) de las plantas de café de la var. Colombia, sembradas a 1,42 x 1,42m y a plena exposición solar. El trabajo se está realizando en tres localidades que

presentan características climáticas contrastantes por su posición altitudinal (1100, 1400 y 1900m) y que están ubicadas en los ecotopos 206A y 207A. En el momento han transcurrido 1290 días desde la siembra (dds) y las plantas ya han completado la etapa de crecimiento vegetativo, y el primero y segundo ciclo reproductivo.

Con relación al crecimiento vegetativo, no se observaron diferencias apreciables en cuanto a la altura y el número de ramificaciones primarias entre las diferentes altitudes, hasta los 750 dds. A partir de este momento se presenta menor crecimiento a los 1900m. El número de ramificaciones secundarias muestra mucha variación entre las altitudes, ya que hasta los 750 dds éste fue mayor a 1400m, con un valor promedio de 159 ramificaciones, seguido por el número de ramificaciones observadas a 1100 m, con un valor de 118 y por el valor promedio de 66, a los 1900m. Después de los 750 y hasta los 1200 dds el patrón de ramificación secundaria se modificó, presentándose una alta proliferación de éstas; a 1100m se observó un promedio de 479 ramificaciones, 399 a los 1400m y 352 a 1900m. También se observaron diferencias en el tiempo en que estas comienzan a aparecer y en la tasa de formación. Las ramificaciones secundarias aparecieron primero a 1100 y a los 1900m, 210 dds, y más tarde a 1400m altitud en la cual se detectaron a partir de los 300 dds. La tasa de formación de ramas secundarias es menor a 1900m y mayor a 1100m. La formación de ramas terciarias tiene un comportamiento similar al de las ramas secundarias.

El desarrollo foliar de la planta fue muy similar hasta los 750 dds (feb/98), alcanzándose un promedio de área por planta de 4,4m². A partir de este momento y hasta los 1200 dds (mayo/99) ha sido muy variable; se observa una tendencia hacia un mayor desarrollo foliar a 1100 y 1400m y menor a los 1900m. La pérdida de hojas es muy variable entre las localidades. Esta se empieza a observar desde los 120 dds y luego continúa en forma creciente. Se observa una tendencia a la mayor duración de las hojas a los 1900m. A los 1200 dds (mayo/99) los valores promedio de hojas caídas por planta fueron de 2191 a 1100m, 1667 a 1400m, y 1020 a 1900m.

Con relación a la producción y redistribución de la materia seca, hasta los 1200 dds el peso seco total acumulado por la parte aérea era en promedio para las tres localidades de 3589,5g. El mayor peso seco se observó a los 1400m (3693,4g), seguido por el obtenido a los 1100m (3646,3g) y a los 1900m (3428,7g). La distribución porcentual de materia seca entre los diferentes órganos muestra que en las hojas se encuentra la mayor asignación de materia seca, seguida por tallos, ramas y frutos. Si se considera que la etapa exclusivamente vegetativa (V0R0) se extiende hasta los 300 dds y que en las etapas posteriores ocurre simultáneamente crecimiento vegetativo y reproductivo, estas etapas vegetativas y reproductivas posteriores se pueden denominar así: primera (V1R1, entre los 390 y 660 dds), segunda (V2R2, entre los 750 y 1020 dds), tercera (V3R3, entre los 1110 y 1380 dds), etc. Al considerar estas etapas, el balance de redistribución de materia seca muestra las siguientes tendencias:

Durante la fase netamente vegetativa (V0R0), entre un 60-80% de la materia seca corresponde a las hojas, 20-30% al tallo y 0-18% a ramas primarias. Durante la primera fase reproductiva (V1R1) entre un 40-60% de la materia seca corresponde a las hojas, 18-30% al tallo, 17-24% a ramas y 6-30% a frutos. Durante la segunda fase reproductiva (V2R2) entre un 25-40% de la materia seca corresponde a las hojas, 17-26% al tallo, 18-32% a ramas y 2-34% a frutos. Estas tendencias son similares para las tres altitudes.

El crecimiento reproductivo se inició en las tres localidades en diferentes épocas. La recolección se inició primero en los lotes ubicados a 1100m a los 465 dds, luego en los ubicados a 1400m a los 513 dds y a los 1900m se inició a los 570 dds. Esta tendencia se continúa observando hasta los 1260 dds. Al agrupar la cosecha semestral o anualmente, se observa que durante 1997 las localidades a 1100 y 1400m produjeron casi el doble que a 1900m; sin embargo, en el primer semestre el comportamiento fue inverso debido a que a los 1100m se inició la cosecha más temprano. Durante 1998 la producción fue mayor a 1900m seguida por la obtenida a los 1400 y a los 1100m. En el primer semestre de 1999 la producción continuaba siendo superior a los 1900m de altitud.

Tomando como referencia la altitud de 1400 m (100%), hasta los 1260 dds se había recolectado la mayor cantidad de café cereza a 1900m (106,7%) y a 1100m la menor cantidad (78,4%). No obstante estas producciones se alteran por las diferencias en la relación cc/cps la cual fue de 7,6 a 1100m, 5,0 a 1400m y 5,4 a 1900m. Al aplicar estas conversiones, se observa que a 1900m se obtuvo 2 % menos de cps y que a 1100m se obtuvo 48% menos de producción.

Floración del café

Cuantificación de la floración, cuajamiento y crecimiento del fruto en las subestaciones experimentales de Cenicafé. Con el objeto de definir criterios, métodos y modelos que permitan permanentemente y en forma cuantitativa el monitoreo de la floración del café, el cuajamiento y crecimiento de frutos y el pronóstico de la cosecha, en una amplia gama de condiciones de la zona cafetera colombiana, se instaló el experimento FIS 0523 en cada una de las subestaciones experimentales de Cenicafé. Para cumplir con los objetivos propuestos se sembró una parcela de 612 plantas a 1,42mx1,42m. Hasta la fecha han transcurrido entre 635 y 725 días (21-24 meses) desde la siembra.

Los resultados de las mediciones de crecimiento vegetativo (altura y número de cruces) hasta los 930 días, muestran que los promedios de altura alcanzados por las plantas en las diferentes localidades variaron entre 107,8cm (El tambo) y 208,6cm (Paraguaicito). Este crecimiento en altura fue variable a través del tiempo. Inicialmente y durante los primeros 30-60 dds hubo un incremento rápido y luego se observa un comportamiento muy variable, con períodos de incrementos y disminuciones. Las plantas crecen entre 1,6 y 9,9cm en promedio por mes, dependiendo de cada localidad y del estado del desarrollo de la planta. El número promedio de cruces varió en las diferentes localidades, hasta los 930 días entre 26 (El tambo) y 44 (Paraguaicito). Las plantas producen entre 0,7 y 1,5 cruces, en promedio por mes, dependiendo de cada localidad y del estado de desarrollo de la planta.

Comportamiento de la floración. En cada localidad se marcaron entre julio y agosto de 1998, doce

ramas (6 cruces) en la parte central de la planta para llevar un registro semanal del número de flores muy próximas a abrir (preantesis), hasta junio de 1999.

El mayor número de flores se observó en las localidades en el siguiente orden: Pueblo Bello (80146), Santander (69946), Paraguaicito (61361), El Rosario (52730), La Unión (52383), Santa Bárbara (48995), Naranjal (47552), La Catalina (41784), La Sirena (40793), Maracay (40726), El Líbano (35927), Marquetalia (35816), Gigante (35526), Cenicafe (34129), El tambo (13973), Convención (11847), Albán (presenta un año menos de edad).

El comportamiento quincenal de la floración y su relación con el balance hídrico decadal permite establecer 4 patrones de floración así:

Patrón 1. En La Unión, El Tambo, Santa Barbara y Paraguaicito, se presentaron períodos secos muy definidos entre junio y octubre lo cual indujo la ocurrencia de floraciones importantes en septiembre y noviembre. Después de noviembre, la presencia de períodos secos fue casi imperceptible, lo cual condujo a floraciones muy bajas y dispersas para el primer semestre de 1999.

Patrón 2. En Gigante, La Sirena y Líbano, se presentaron períodos secos menos definidos entre junio y octubre lo cual indujo la ocurrencia de floraciones regulares en septiembre y diciembre. Después de diciembre, la presencia de períodos secos fue muy esporádica, lo cual condujo a floraciones muy bajas y dispersas para el primer semestre de 1999.

Patrón 3. En Marquetalia, Maracay, Valle, La Catalina, Naranjal, Cenicafe y El Rosario prácticamente no se presentaron períodos secos definidos entre junio/98 y junio/99, lo cual indujo la ocurrencia de floraciones muy bajas y dispersas para ambos semestres. Este comportamiento sugiere que un factor diferente al déficit hídrico puede estar influyendo en la antesis.

Patrón 4. En Santander, Convención y Pueblo Bello no se presentaron períodos secos muy definidos entre junio y noviembre del 98 y las floraciones en este período fueron prácticamente ausentes. Entre diciembre y mayo se presentaron períodos secos

muy definidos lo cual indujo la ocurrencia de floraciones importantes, con mayor concentración en la localidad de Pueblo Bello.

Crecimiento del fruto. Como parte del experimento FIS 0523, desde enero de 1998 se inició el registro del crecimiento del fruto en términos de su peso fresco y seco, en todas las subestaciones experimentales de Cenicafe. Se observa que el peso fresco y el peso seco presentan una tendencia a un patrón de crecimiento de tipo sigmoidal, pero de diferente magnitud para cada localidad. En general, se pueden distinguir 4 etapas en el desarrollo del fruto (peso fresco):

Etapas 1. Crecimiento lento, con una duración aproximada de 45 días (45 días desde la floración).

Etapas 2. Crecimiento acelerado, con una duración aproximada de 45 días (desde los 45 hasta los 90 días después de la floración).

Etapas 3. Crecimiento lento y prolongado, con una duración aproximada de 105 días (desde los 90 hasta los 195 días después de la floración).

Etapas 4. Crecimiento rápido, acompañado por cambio de color de verde a rojo, duración muy variable (desde los 195 hasta los 235 ± 30 días después de la floración).

En relación con el incremento del peso seco se pueden identificar tres fases:

Fase 1. Incremento lento, con una duración aproximada de 60 días.

Fase 2. Incremento acelerado, con una duración aproximada de 150 días (desde los 60 -210 días después de la floración)

Fase 3. Incremento lento, después de los 210 días, hasta la cosecha, duración variable.

Un resumen de algunas características de interés del crecimiento del fruto en las diferentes localidades muestra en general que para el desarrollo del fruto se necesitaron entre 214-266 días (promedio 235 ± 17) desde la apertura de las flores. Los frutos

alcanzaron un peso fresco final entre 1,34-2,24g/fruto maduro (promedio $1,81 \pm 0,28$ g) y un peso seco respectivo entre 0,42-0,64g/fruto maduro (promedio $0,54 \pm 0,06$ g).

Producción de café cereza. Hasta los 930 dds la producción registrada (kg de cc/planta) se presentó en el siguiente orden: Paraguaicito (5,89), Naranjal (5,05) Cenicafe (4,89), La Catalina (3,97), Maracay (3,85), Marquetalia (3,65), El Líbano (2,99), Santa Bárbara (2,91), Pueblo Bello (2,69), El Rosario (2,23), La Unión (2,06), Santander (1,85), El Tambo (1,60), Gigante (1,37), Convención (1,24), Albán (0,45, pero van transcurridos 630 dds), La Sirena (0,49, suspendido a los 615 dds). En general se observa que las localidades donde se manifiestan mas acentuadamente las deficiencias hídricas (por ejemplo, al norte y al sur, hay tendencia a una menor producción.

Desarrollo floral del cafeto (*Coffea arabica* L.) en tres altitudes. Este estudio permitió conocer, en condiciones de campo, el efecto de las variables climáticas sobre el desarrollo floral en tres altitudes, correspondientes a 1.100, 1.400 y 1.900m. Se registraron cada 15 días, desde septiembre/96 hasta marzo de 1998, los estados de iniciación y diferenciación floral, inflorescencias, botones latentes y botones en preantesis y antesis, los cuales se comportaron en su crecimiento de acuerdo a las diferentes condiciones climáticas presentes en cada altitud. La iniciación y diferenciación floral se detectó por primera vez en la altitud de 1.100m a los 230 dds (agosto/96) y 15 dds a 1.900m, Luego en los 1.400m a los 260 dds (septiembre/96), en presencia de una buena disponibilidad hídrica. Los botones cubiertos por mucílago forman las inflorescencias y su mayor frecuencia se obtuvo en períodos secos. Este déficit hídrico también influyó para que se concentraran los botones latentes y su proporción no fue alta con respecto a los otros estados del desarrollo floral, ya que al no existir esta limitante su duración es muy corta. La lluvia siguiente a un período seco permitió que ocurrieran, en una alta proporción, simultáneamente las floraciones responsables de la cosecha de mitaca (junio a septiembre de 1997) y cosecha principal (diciembre/97 a marzo /98). Estos resultados sugieren además que la distribución y el tiempo de duración de cada

estado del desarrollo floral, también dependen de la temperatura y el brillo solar. En la altitud de 1.100m, con promedios de temperatura media de $23,2^{\circ}\text{C}$ y con 1.906 horas de brillo solar, se desarrollaron más temprano los diferentes estados de la flor, en comparación con la altitud de 1.900m, cuya temperatura media fue de $17,1^{\circ}\text{C}$; la altitud de 1.400m presentó temperaturas medias de $21,4^{\circ}\text{C}$ y se caracterizó porque la distribución de la floración fue más concentrada que en los 1900m.

La floración y la distribución de la cosecha del cafeto (*Coffea arabica* L.) en tres altitudes. A partir de enero /96 y hasta agosto/98, se registraron cada 15 días en tres altitudes situadas en la vertiente occidental de la cordillera central a 1.100, 1.400 y 1.900m, el número de floraciones, flores estrellas y frutos. Para el recuento de frutos se consideraron aquellos que presentaban una coloración verde oscura y tenían textura semilechosa (estado de llenado y endurecimiento de la almendra). La floración y la cosecha posterior se registraron en una época más temprana para la localidad de 1.100m, con promedios de temperaturas medias de $23,2^{\circ}\text{C}$ y con 1.906 horas de brillo solar, condiciones bajo las cuales el crecimiento es más acelerado y los picos se presentan en mayor cantidad y en más alta frecuencia. A 1.900m con temperaturas de $17,1^{\circ}\text{C}$, los porcentajes de floraciones y frutos se registraron mas tardíamente, es decir, sus tasas de crecimiento son menores, con un menor número de picos en comparación con la altitud de 1.100m. A 1.400m con $21,4^{\circ}\text{C}$ fue más concentrada, lo que indica que la temperatura, el brillo solar y las relaciones hídricas influyeron en la distribución de la floración y la cosecha, información de interés para el manejo de prácticas culturales y el control cultural integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei*.

Estos resultados indicaron además que independientemente de la altitud, los períodos secos (Evento Cálido del Pacífico) seguido por la lluvia, concentraron la floración lo cual a su vez, se refleja en una cosecha definida; en aquellas épocas en que llovió periódicamente (Evento Frío del Pacífico) la floración y la cosecha ocurrieron más distribuidas.

Morfología del nudo y desarrollo floral del cafeto *Coffea arabica* L. en tres altitudes. En tres zonas

altitudinales correspondientes a 1.900m, 1.400m y 1.100m se registraron cada quince días los valores de longitud de las ramas, el número de nudos por rama, el área foliar, y se evaluó la morfología del nudo y el desarrollo floral con base en una escala de calificación adaptada de Moens (1968). El crecimiento de la longitud de la rama y el número de nudos por rama disminuyó, mientras que el promedio del área foliar por nudo aumentó al incrementar la altitud. La iniciación y diferenciación floral se presentó a los 185 dds a 1.900m, 200 dds a 1.100 y a los 215 dds a los 1.400m, cuando se habían acumulado respectivamente 78,56; 146,85 y 139,96 unidades térmicas. Este patrón de diferenciación fue similar para las tres altitudes lo que varió fue la cantidad y distribución. Se encontró una relación altamente significativa entre las unidades térmicas y fototérmicas acumuladas con todos los estados de la morfología del nudo y desarrollo floral, presentándose a 1.100m los valores más altos.

Comportamiento de la floración para cosecha principal de 1999 en Chinchiná-Caldas. Los registros de floración para la cosecha principal de 1999 se obtuvieron en cafetales del experimento FIS 0202, ubicados en tres altitudes, en la región Palestina-Chinchiná-Manizales. Se destacan los siguientes aspectos: En todas las altitudes se presentaron en la segunda quincena de diciembre de 1998 floraciones muy bajas (menos de 2%, recolección de agosto).

El comportamiento de enero a mayo fue el siguiente: A 1100m las floraciones más importantes se presentaron en la primera quincena de enero (36,4 %, recolección de primera quincena de septiembre) y segunda quincena de febrero (26,9%, recolección de segunda quincena de octubre); en marzo hubo floraciones regulares (15 % en la primera quincena y 12,7% en la segunda, las cuales se recogerán, respectivamente en el mes de noviembre); en abril y en la primera quincena de mayo las floraciones fueron mínimas.

A 1400m las floraciones más importantes se presentaron así: una en la primera quincena de enero (21,0%, recolección de primera quincena de septiembre) y dos en marzo (17,1% en la primera quincena y 30,4% en la segunda, para recolección en las respectivas quincenas de noviembre); en abril,

las floraciones fueron muy bajas (menos del 9%, recolección de diciembre); en la primera quincena de mayo hubo una floración baja (9,6%, recolección de primera quincena de enero).

A 1900m las floraciones más importantes se presentaron en la segunda quincena de marzo (28,3%, recolección de segunda quincena de noviembre), segunda quincena de abril (13,5%, recolección de segunda quincena de diciembre) y primera quincena de mayo (17,6%, recolección de primera quincena de enero); en las primeras quincenas de enero, febrero, marzo y abril se presentaron floraciones bajas (menos del 9%).

De lo anterior se concluye que las floraciones más importantes para la cosecha principal de 1999 se presentaron en la región en forma muy irregular (unas tempranas, otras tardías) y de manera global se pueden calificar como regulares.

El período diciembre/98 - abril/99 se caracterizó por alta cantidad de lluvia y por la ausencia de períodos prolongados de días secos, razón por la cual se presentaron las floraciones poco concentradas y de baja magnitud. El comportamiento de la floración del año 1999 mostró una tendencia a la dispersión y las floraciones de importancia se presentaron muy espaciadas (por ejemplo a 1400m, en la primera quincena de enero y segunda quincena de marzo).

La cosecha principal de 1999 en la zona baja será tardía (36% en septiembre, 29,8% en octubre y 27,8% en noviembre); en la zona media una parte de la cosecha será temprana (30% en septiembre) y otra tardía (47,5% en noviembre, 8,8% en diciembre y 9,6% en enero); en la zona alta será tardía (18% en octubre, 36,9% en noviembre, 18,4% en diciembre y 17,6% en enero).

Con relación al volumen de cosecha principal para el año 1999, es probable que no se presente un aumento con respecto al año anterior ya que las floraciones para las cosechas mitaca y principal fueron regulares, debido a la falta de períodos secos definidos necesarios para un óptimo comportamiento del proceso de floración. Desde el punto de vista del manejo de la broca, el período crítico para el

Tabla 21. Comportamiento de la floración para cosecha principal de 1999 en tres altitudes de la región de Palestina - Chinchiná - Manizales - Caldas.

Quincena	Porcentaje de floración			Época de cosecha	
	1100m	1400m	1900m		
DIC	1-15	1,8	-	-	Primera quincena agosto/99
DIC	16-31	1,6	2,1	0,2	Segunda quincena agosto
DIC	Total	3,4	2,1	0,2	Agosto/99
ENE	1-15	36,4	21,0	9,0	Primera quincena septiembre
ENE	16-31	-	9,1	-	Segunda quincena septiembre
ENE	Total	36,4	30,1	9,0	Septiembre/99
FEB	1-15	2,9	1,8	8,7	Primera quincena octubre
FEB	16-29	26,9	-	9,4	Segunda quincena octubre
FEB	Total	29,8	1,8	18,1	Octubre/99
MAR	1-15	15,1	17,1	8,6	Primera quincena noviembre
MAR	16-31	12,7	30,4	28,3	Segunda quincena noviembre
MAR	Total	27,8	47,5	36,9	Noviembre/99
ABR	1-15	1,5	5,1	4,9	Primera quincena diciembre
ABR	15-30	-	3,7	13,5	Segunda quincena diciembre
ABR	Total	1,5	8,8	18,4	Diciembre/99
MAY	1-15	1,1	9,6	17,6	Primera quincena enero 2000

comienzo de la infestación sería hacia la segunda quincena de abril.

Identificación y caracterización de genes involucrados en las etapas del desarrollo floral de *C. arabica* var. Colombia. En esta variedad de café existe gran interés en el aislamiento y caracterización de los genes que intervienen en la diferenciación y desarrollo de las flores, lo cual permitirá en el futuro, estudiar de manera detallada los procesos fisiológicos y moleculares involucrados en la floración. Aprovechando los avances que se han hecho en los últimos años en el estudio de la floración de plantas modelo como *Arabidopsis thaliana* en la cual se han identificado varios genes involucrados en el desarrollo de la flor (AGAMOUS, APETALA3, PISTILLATA, LEAFY, CLAVATA1, CLAVATA3 y SUPERMAN), se enfocó este estudio en la identificación de genes homólogos en café mediante la

utilización de la técnica de Southern blot y la caracterización del patrón de expresión de estos genes en café mediante la técnica de Northern blot, los cuales servirán para estudiar los procesos fisiológicos del desarrollo floral.

Con el fin de evaluar la técnica del Southern blot se realizaron extracciones del ADN de café (*Coffea arabica* var. Colombia, *C. arabica* var. Caturra, *C. canephora*, *C. congensis*, *C. eugenoides* e Híbrido de Timor) que se digirieron con diferentes enzimas (EcoRI, BamHI y HindIII) y se corrieron diferentes concentraciones de ADN en electroforesis entre el 0,8% y 1%. El gel, al ser observado en el analizador de imágenes, no presentó el barrido característico de una buena digestión, sin embargo, fue hibridado con las sondas de *Leafy* y *a-tubulina* (30ng/ml) las cuales se marcaron y amplificaron por PCR. De estas hibridaciones no se obtuvieron buenos resulta-

dos debido posiblemente a una poca digestión del ADN o una baja concentración de las sondas.

También se evaluó la técnica del Northern blot donde se utilizó el ARN total de los botones florales en sus diferentes estados del desarrollo. El ARN fue hibridado con las diferentes sondas de floración de *Arabidopsis thaliana* (AGAMOUS, APETALA3, PISTILLATA, LEAFY, CLAVATA1, CLAVATA3 y SUPERMAN), las cuales se marcaron y amplificaron por PCR y se obtuvieron concentraciones de 100 ng/ml para las sondas de CLAVATA1, CLAVATA3 y PISTILLATA. Las sondas fueron utilizadas a 30 ng/ml y de estas hibridaciones no se obtuvieron buenos resultados, debido posiblemente a la degradación del ARN o a una poca concentración de éste.

Finalmente, se utilizarán en café otras sondas involucrados en la actividad de la hormona del ácido giberélico (GASA) la cual activa el proceso de la antesis. Además, se pretende localizar en los diferentes tejidos del desarrollo floral la expresión de los genes mediante la técnica de hibridación *in situ*, a través del uso de sondas marcadas no radioactivamente, con el fin de desarrollar un cuadro inicial del proceso de floración al nivel molecular, aprovechando la posible homología que presenten estos genes entre plantas.

Fotosíntesis del cafeto

Determinación de la cantidad y actividad de las enzimas rubisco, pepc y ppdk en hojas de diferentes genotipos de café y en frutos en diferentes estados de desarrollo. El proceso fotosintético está constituido por dos fases principales: La fase luminosa, en la cual la energía solar es capturada por los pigmentos fotosintéticos y almacenada como equivalentes de reducción, que serán utilizados en la fase 2, la fase bioquímica, propiamente dicha, durante la cual las enzimas de carboxilación son capaces de reducir el CO₂ atmosférico a moléculas de azúcar que luego serán transportadas a los sitios de utilización y de almacenamiento como los granos y otros órganos en el caso del café.

La eficiencia del proceso está determinada por la magnitud de una gran variedad de factores ambientales que lo afectan y entre los cuales se encuen-

tran la concentración atmosférica de CO₂, la intensidad luminosa, el potencial hídrico y la temperatura. Estos factores afectan particularmente la actividad de las enzimas (Rubisco, PEPC, PPDK, NAD-ME) que participan en el proceso de incorporación del CO₂ a los compuestos orgánicos que constituyen la biomasa total y el rendimiento.

A pesar de la importancia del proceso, en el caso del café es notablemente baja la cantidad de información científica que se puede consultar en la literatura, en la cual es evidente que el mayor esfuerzo ha sido dedicado al estudio de aspectos agronómicos y ecofisiológicos del cultivo.

Para generar tales conocimientos y contribuir a llenar las deficiencias que existen en la fisiología fotosintética del cultivo del café (bioquímica y fisiología de la captura e incorporación del CO₂) en las condiciones de la zona cafetera central de Colombia se está desarrollando por la Disciplina de Fisiología Vegetal el proyecto de investigación del cual hace parte el presente experimento. Se destacan los siguientes resultados:

Aunque la actividad de PEPC foliar en términos de peso fresco y contenido de clorofila es similar para los cuatro genotipos de café (Híbrido de Timor, *C. arabica* cv Caturra, *C. arabica* cv Colombia y *C. canephora*) la actividad específica en el Híbrido de Timor es notablemente alta (2,44Lmol NADH/mg proteína), resultado que confirma lo encontrado en experimentos anteriores. Así mismo, el H. de T. muestra un mejor comportamiento para la actividad de Rubisco. Las actividades de PEPC y Rubisco mantienen los niveles normales para una planta C₃ típica si se comparan con las actividades de las mismas enzimas en maíz. La mayor actividad de PEPC en el Híbrido de Timor parece estar estrechamente asociada con las actividades de PPDK y NAD-ME. Es notable que la actividad de PPDK en H. Timor (progenitor de la variedad Colombia) y en la variedad Colombia sea mayor que en Caturra, lo cual puede ser un indicativo de su importancia para la carboxilación fotosintética. El comportamiento del contenido de clorofila y de proteína de los tejidos de la cubierta foliar disminuye a medida que avanza el proceso de desarrollo de los granos en H. de T., Caturra y variedad Colombia. La actividad de PEPC en los tejidos de la cubierta foliar tiende a

disminuir a medida que se desarrollan los granos, pero presenta el mismo orden de magnitud que en los tejidos foliares, lo cual puede ser un indicativo de la importancia de PEPC para la carboxilación en el fruto, mientras que la actividad de Rubisco fue significativamente menor en los tejidos de la cubierta del grano que en los tejidos foliares. En todos los casos, la actividad de PEPC fue significativamente menor a las 26 semanas. La alta actividad específica de PPDK en la variedad Colombia, asociada con la magnitud de la actividad de PEPC parece ser un indicativo de su importancia en el proceso de carboxilación fotosintética al nivel de la cubierta del grano. La asociación PEPC-PPDK en H. Timor y variedad Colombia está confirmada por el comportamiento de la enzima decarboxilante NAD-ME, la cual exhibe una alta actividad en los dos primeros estados de desarrollo del grano en H. de T. y variedad Colombia, mientras que en var. Caturra y *C. canephora*, la actividad de esta enzima o es nula o no es detectable. Los resultados permiten establecer la importancia de la vía de carboxilación PEPC-PPDK-NAD(ME) en los tejidos de la cubierta del grano de H. de T. y de variedad Colombia, dos genotipos estrechamente emparentados.

La cuantificación de Rubisco en los tejidos foliares de café infectados por roya (*H. vastatrix*) mediante inmunoelectroforesis de cohete, permite establecer que el hongo afecta el contenido de la enzima de acuerdo con el avance de la infección.

Estudio de la interacción intensidad lumínica – dosis de nitrógeno, sobre el comportamiento de Ribulosa 1,5 Bisfosfato Carboxilasa-Oxigenasa (Rubisco), Nitrato Reductasa, Nitrógeno e intercambio gaseoso en la planta de café, *Coffea arabica* L. Se purificó la enzima Ribulosa 1,5 bisfosfato Carboxilasa-oxigenasa (Rubisco EC 4.1.1.39) a partir de extractos foliares de *Coffea arabica* L. cv. Caturra y se determinaron algunas de sus propiedades físicas y catalíticas tales como la masa molecular de la holoenzima (490,38kDa) y de las subunidades constituyentes (9,9434kDa RbcS y 51,982kDa RbcL). La masa molecular de la subunidad pequeña es sensiblemente inferior al reportado para otras especies, mientras las subunidad grande es similar en su masa a la de otras especies. El radio de Stokes es de 71,4 Å, el coeficiente de sedimentación 19,36 S y el punto isoeléctrico 6,55. Las constantes de

Michaelis-Menten para HCO_3^- (40,53 μM) y RuBP (85,32 μM), indican que la eficiencia catalítica de la enzima en Caturra es inferior a la registrada para otras especies, lo cual puede estar relacionado con los altos niveles de fotorrespiración en esta especie. Se determinó el contenido de Rubisco presente en extractos foliares de varios genotipos del género *Coffea* mediante la utilización de métodos inmunológicos de alta sensibilidad (250 ng de Rubisco) (inmunoelectroforesis en cohete) y se estableció que su contenido en el tejido foliar depende de la concentración de nitrógeno en la solución nutritiva (NSN).

Se determinaron las constantes de Michaelis-Menten para Nitrato reductasa (NR EC 1.6.6.1) (NADH 16,8 μM) y (NO_3^- 88,72 μM). La baja afinidad de la enzima por los sustratos en café puede ser un indicativo de una menor exigencia de nitrógeno en el medio para suplir sus necesidades nutritivas.

Se encontró que el contenido de clorofila y de proteína en el tejido foliar, la actividad de Rubisco y NR, el comportamiento de las variables relacionadas con la actividad fotosintética (A , E y g_s) y la eficiencia en la absorción del nitrógeno dependen del genotipo, de la concentración de NSN y de la irradiancia. En general, para todas las variables estudiadas se observa que la condición de sombra favorece su comportamiento. Los valores de actividad de fosfoenol piruvato carboxilasa (PEPC) son típicos de plantas C_3 .

Los resultados indican que las variables medidas pueden ser utilizadas posteriormente en la selección y obtención de genotipos más eficientes en la utilización del CO_2 y el NO_3^- .

Relación del potencial hídrico del aire y del suelo con la fotosíntesis y la transpiración del café, *Coffea arabica* L. var. Colombia. El agua (dinámica de lluvias) se constituye en uno de los factores más decisivos en el desarrollo y productividad vegetal. En café, los trabajos relacionados con el efecto del potencial hídrico del suelo y/o del aire sobre el intercambio de gases (fotosíntesis: que aporta aproximadamente el 90% de la materia seca, transpiración: liberación de agua, entre otras) y relaciones hídricas, son escasos; algunos son cualitativos y fue-

ron realizados en otras condiciones. Por tal razón se evaluó el efecto del potencial hídrico del aire y del suelo sobre la fotosíntesis y la transpiración del café, *Coffea arabica* L. var. Colombia, en dos tipos de suelos (Chinchiná y Montenegro) y en tres condiciones de humedad relativa (90, 75 y 60%). Se aprecia que en el punto de menor humedad del suelo hay diferencias del potencial hídrico vegetal entre las plantas sembradas en el suelo unidad Chinchiná y las de la unidad Montenegro, presentándose valores mayores a $-1,1\text{MPa}$ en las plantas sembradas en la unidad Chinchiná y valores hasta de $-5,4\text{MPa}$ en la unidad Montenegro.

La diferencia más significativa en la humedad del suelo, según el rango de humedades relativas (HR), se presentó en el suelo Montenegro, en el cual el potencial hídrico fue más bajo para la humedad relativa del 60%. La comparación de respuesta de la humedad del suelo de la unidad Chinchiná contra la de Montenegro para las tres condiciones de humedad relativas (90, 75 y 60%), muestra que en todos los casos las diferencias son altamente significativas. El suelo Chinchiná retiene aproximadamente 10% más de humedad que el suelo Montenegro, al disminuirse la humedad desde valores altos (47%) en el día 1 hasta bajos (12%) en el día 17. En general, las plantas crecidas en el suelo Chinchiná registran fotosíntesis más altas que las del suelo Montenegro, principalmente bajo las condiciones de humedad relativa del 75 y 60%; para la HR del 90% el comportamiento es similar para ambos suelos. También se apreció, cómo la fotosíntesis en las plantas del suelo Montenegro comienza a disminuir más rápidamente cuando el suelo se está secando, después de suspender el riego en la HR del 75% (el día 7 para Montenegro y el día 12 para Chinchiná). En las condiciones de 90 y 75% de humedad, se obtuvieron registros promedio de fotosíntesis de 9 y 6 $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$; los mayores valores (aproximadamente 13,5 y 9 $\text{mmol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ en Chinchiná y Montenegro, respectivamente) se observaron para la humedad ambiental del 60%.

La transpiración disminuye a medida que baja la condición hídrica del suelo. En las plantas ubicadas en la unidad Montenegro, se reduce la transpiración en menor tiempo cuando hay un proceso de secamiento del suelo, en comparación con el suelo

de Chinchiná, por tanto la transpiración sigue patrones muy similares a los de la fotosíntesis.

La eficiencia en el uso del agua fue mayor para las plantas sembradas en el suelo Chinchiná, principalmente en las condiciones de 60% y 75% HR, cuando el suelo presenta menos humedad, mostrando datos más altos (5 $\text{mmol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$, en promedio) para la condición del 60% HR y presentando un pico (10 $\text{mmol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$) a los 9 días de suspender el riego. La condición del 75% HR registra datos en promedio de 3 $\text{mmol CO}_2 \text{ mmol}^{-1} \text{ H}_2\text{O}$. La concentración interna de CO_2 es mayor para los cafetos en el suelo Montenegro al 60% HR, aumentando con la disminución de la humedad del suelo; al 75% de HR, la diferencial entre suelos y la tendencia son menos significativas que para la HR de 60%.

Efecto de la altitud sobre el comportamiento fotosintético de la hoja del café (*Coffea arabica* L.) cv. Colombia.

Se realizó una investigación para determinar el efecto de la altitud y las variables climáticas asociadas [radiación fotosintéticamente activa (RFA), temperatura del aire (T_a), humedad relativa (HR) y déficit de presión de vapor del aire (DPV)], sobre el comportamiento de la temperatura de la hoja (T_h), fotosíntesis neta (P_N), transpiración (E), conductancia estomática (g_s) y uso eficiente del agua (UEA) en plantas de café *Coffea arabica* L. cv. Colombia, sembradas en tres altitudes (1100, 1400 y 1900m). A 1900msnm la RFA [595,1 μmol (fotones) $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$] es similar a la radiación óptima [600 μmol (fotones) $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$] para la P_N establecida por otros investigadores en café y otras plantas típicas C_3 . El valor de la P_N promedio a 1900msnm [4,9 μmol (CO_2) $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$] es significativamente superior ($p < 0,001$) que a 1400msnm [4,19 μmol (CO_2) $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$] y 1100msnm [4,10 μmol (CO_2) $\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$]. Este resultado también está asociado al comportamiento de la T_a , de la T_h y la HR en las tres localidades. Los valores de E , g_s y UEA a 1900msnm permiten establecer que el comportamiento del intercambio gaseoso a esta altitud, es más adecuado para el proceso fotosintético que en las otras dos altitudes. (Figura 8)

Comportamiento fotosintético diario de la hoja del café (*Coffea arabica* L.) cv. Colombia. Se investigaron las variaciones diurnas de la fotosíntesis neta

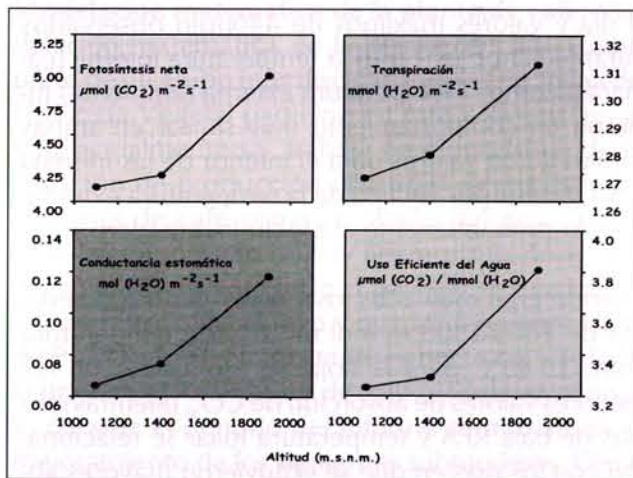


Figura 8. Comportamiento de la fotosíntesis (P_N), transpiración (E), conductancia estomática (g_s) y uso eficiente del agua (UEA) de la hoja del café a 1100, 1400 y 1900msnm.

(P_N), transpiración (E), conductancia estomática (g_s), concentración interna de CO_2 (c_i) y uso eficiente del agua ($\text{UEA} = P_N / E$) en hojas de café *Coffea arabica* L. cv. Colombia en condiciones naturales, con el fin de determinar el efecto de algunas variables climáticas sobre la capacidad fotosintética individual de la hoja. La P_N alcanzó máximos entre las 08:00 y 10:00 horas, con un período de declinación al medio día debido al efecto de la alta radiación fotosintéticamente activa (RFA) y a los incrementos en la temperatura de la hoja (T_h). Se observó un ligero aumento de P_N a las 14:00 horas, que coincide con la disminución en la T_h y el déficit de presión de vapor del aire (DPV). La g_s y E exhiben comportamientos similares, con los valores menores al medio día, asociados a una alta RFA, T_h y DPV, lo cual indica que el aparato estomático de la hoja del café es muy sensible a la variación de estos factores. El UEA presenta su mayor valor a las 10:00 horas cuando se registra la mayor P_N asociada a una baja E . El análisis de regresión permite establecer que en las condiciones del experimento la RFA y la T_h óptimas para el proceso fotosintético en la planta de café son $600 \mu\text{mol (fotones)} \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ y 28°C , respectivamente (Figura 9).

Características fotosintéticas de cinco especies forestales. Se evaluó el comportamiento diario de la fotosíntesis (P_N), transpiración (E), uso eficiente del agua (UEA), y conductancia estomática (g_s) en

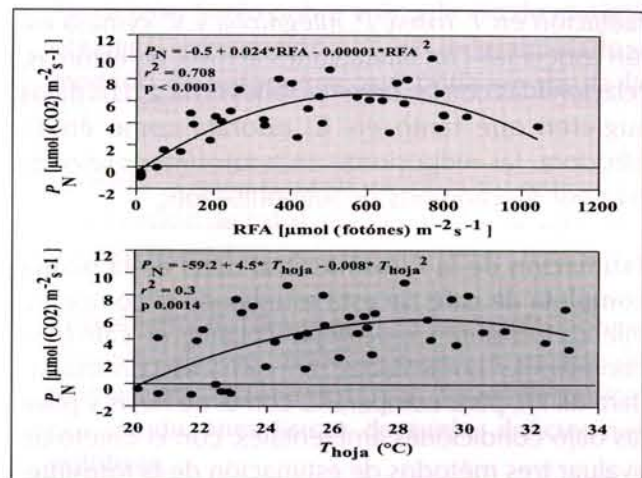


Figura 9. Respuesta de la fotosíntesis del café a la variación en la radiación (RFA) y temperatura de la hoja

hojas de cedro (*Cedrela odorata* Sessé et Mociño), nogal cafetero (*Cordia alliodora* (R. et Pav) Cham), trapiche (*Prunus integrifolia* (Presl.) Walp), guayacán rosado (*Tabebuia rosea* (Bertol) DC) y aceituno (*Vitex cymosa* Bert) en condiciones naturales. Se encontraron altas asociaciones entre la radiación fotosintéticamente activa (RFA) $783,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ a $1065,6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ entre las 09:00 y 10:00 horas y los incrementos en P_N y g_s de *C. odorata* y *C. alliodora*, mientras que en *T. rosea*, *P. integrifolia* y *V. cymosa*, se observó un efecto negativo sobre estas variables. Igual fue la respuesta fotosintética al incremento en la temperatura de la hoja (T_h), de $25,8^\circ\text{C}$ a $29,4^\circ\text{C}$ y el déficit de presión de vapor del aire (DPV) de 1,0 a 1,39KPa. *C. odorata* y *C. alliodora* registraron mayor transpiración, relacionada directamente con RFA durante el día. *T. rosea* presentó un mayor UEA ($0,00525 \text{ mmol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) seguida por *C. odorata*, *C. alliodora*, *V. cymosa* y *P. integrifolia* que mostraron valores de $0,00514$; $0,00444$; $0,00436$ y $0,00345 \text{ mmol CO}_2 \text{ mmol H}_2\text{O}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, respectivamente. Los valores del coeficiente de transpiración calculados a partir de P_N y E , fueron: *T. rosea* $116,87 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{g}^{-1} \text{ biomasa}$, *P. integrifolia* $177,77 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{g}^{-1} \text{ biomasa}$, *C. alliodora* $138,31 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{g}^{-1} \text{ biomasa}$, *V. cymosa* $140,61 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{g}^{-1} \text{ biomasa}$ y *C. odorata* $119,32 \text{ g H}_2\text{O} \cdot \text{g}^{-1} \text{ biomasa}$ (Figura 10).

Al parecer las reducciones de la fotosíntesis con alta

radiación en *T. rosea*, *P. integrifolia* y *V. cymosa* están asociadas con limitaciones al nivel de estomas, relacionadas con las disminuciones en la g_s . Los datos sugieren que tanto en *C. odorata* como en *C. alliodora*, las reducciones en la fotosíntesis se originan por mecanismos de fotoinhibición.

Estimación de la fotosíntesis al nivel de la planta completa de café. Se está estudiando el comportamiento fotosintético de hojas y plantas de café bajo condiciones controladas, en cámaras construidas para tal fin, para compararlo con el de hojas y plantas bajo condiciones ambientales, con el objeto de evaluar tres métodos de estimación de la fotosíntesis en la planta entera. Se observó que las cámaras de intercambio gaseoso presentan un buen funcionamiento. La respuesta de las variables que de ellas se derivan como temperaturas interna y externa, humedad relativa internas y externas, radiación fotosintéticamente activa (RFA), absorción de CO_2 (fotosíntesis) y emisión de vapor de agua (transpiración), son muy similares para las dos cámaras evaluadas. En plantas de café var. Caturra de 16 meses de edad, se obtuvieron valores de absorción máximos de 222ppm de CO_2 para la cámara 1 y de 195ppm de CO_2 para la cámara 2. El valor de la referencia de CO_2 fue muy estable durante todo el ciclo, con valores mínimos de 364ppm de CO_2 para

el día y valores máximos de 440ppm observados durante la noche. Tanto la temperatura interna (cámaras) como la temperatura externa (ambiente) tuvieron un comportamiento muy similar en ambas cámaras, con valores para el interior de las mismas 1 ó 2 grados por encima de la temperatura externa, debido probablemente al efecto invernadero.

Cuando eran muy altos los valores de RFA, alrededor de 1800-1900 $\mu mol\ m^{-2}\ s^{-1}$ y de temperatura entre 35-40°C para la hoja, se asociaron con los menores valores de absorción de CO_2 , mientras que días de baja RFA y temperatura foliar se relacionaron con los días en que se obtuvieron mayores absorciones. En la metodología de integración de Gauss, se observó una alta heterogeneidad en la ubicación de las hojas en las profundidades respectivas en 4 plantas de la misma edad que aquellas que se encontraban en las cámaras. La respuesta al intercambio gaseoso presentó el mismo patrón de comportamiento para todas las hojas medidas en las 4 plantas.

Análisis en técnicas instrumentales. Durante el período comprendido entre octubre/98 y septiembre/99 se realizaron actividades que estuvieron enmarcadas dentro del área de análisis instrumental como fueron:

- Determinación de Nitrógeno Total en el Analizador Orgánico Elemental.
- Discriminación isotópica $^{14}N/^{15}N$ por Cromatografía de Gases y Detector Selectivo de Masas. GC/MS.
- Determinación del ciclo reproductivo de la guagua, *Agouphaca*, por Cromatografía Líquida de Alto desempeño (HPLC).
- Determinación de la actividad de la enzima Nitrato Reductasa por Espectrofotometría UV/VIS.

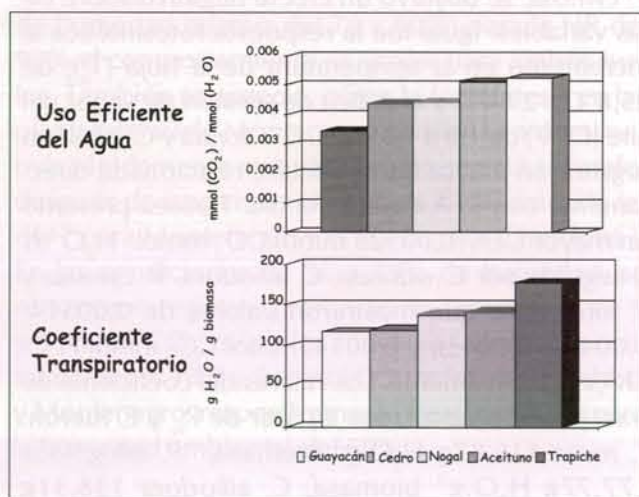


Figura 10. Uso Eficiente del Agua y Coeficiente Transpiratorio en guayacán (*Tabebuia rosea*), cedro (*Cedrela odorata*), nogal cafetero (*Cordia alliodora*), aceituno (*Vitex cymosa*) y trapiche (*Prunus integrifolia*).

El desarrollo de estas técnicas permite afianzar la parte analítica e instrumental, lográndose así conformar en el presente año, una área destinada al Análisis Instrumental, dentro del Laboratorio de Fisiología Vegetal.

Modelación matemática de la planta de café. Modelación matemática de la planta de café. Como parte de un grupo interdisciplinario, la Disciplina de Fisiología Vegetal participa en este proyecto en el cual actualmente se trabaja en el modelaje de la situación de producción potencial alcanzable por la planta de café como resultado del proceso de fotosíntesis, cuando no hay limitaciones de agua y nutrimentos durante todo el período de crecimiento y desarrollo del cultivo y que se denomina Nivel de Producción I. No obstante haberse completado la primera aproximación de este modelo en el nivel I, durante el período del informe se trabajó en el mejoramiento de los siguientes submodelos: Desarrollo fenológico de la planta, Desarrollo foliar, Distribución de la materia seca. Se viene trabajando además en la conceptualización de la fase II del modelo o Nivel de Producción II, en el cual, la producción potencial se restringirá por limitaciones en la disponibilidad hídrica.

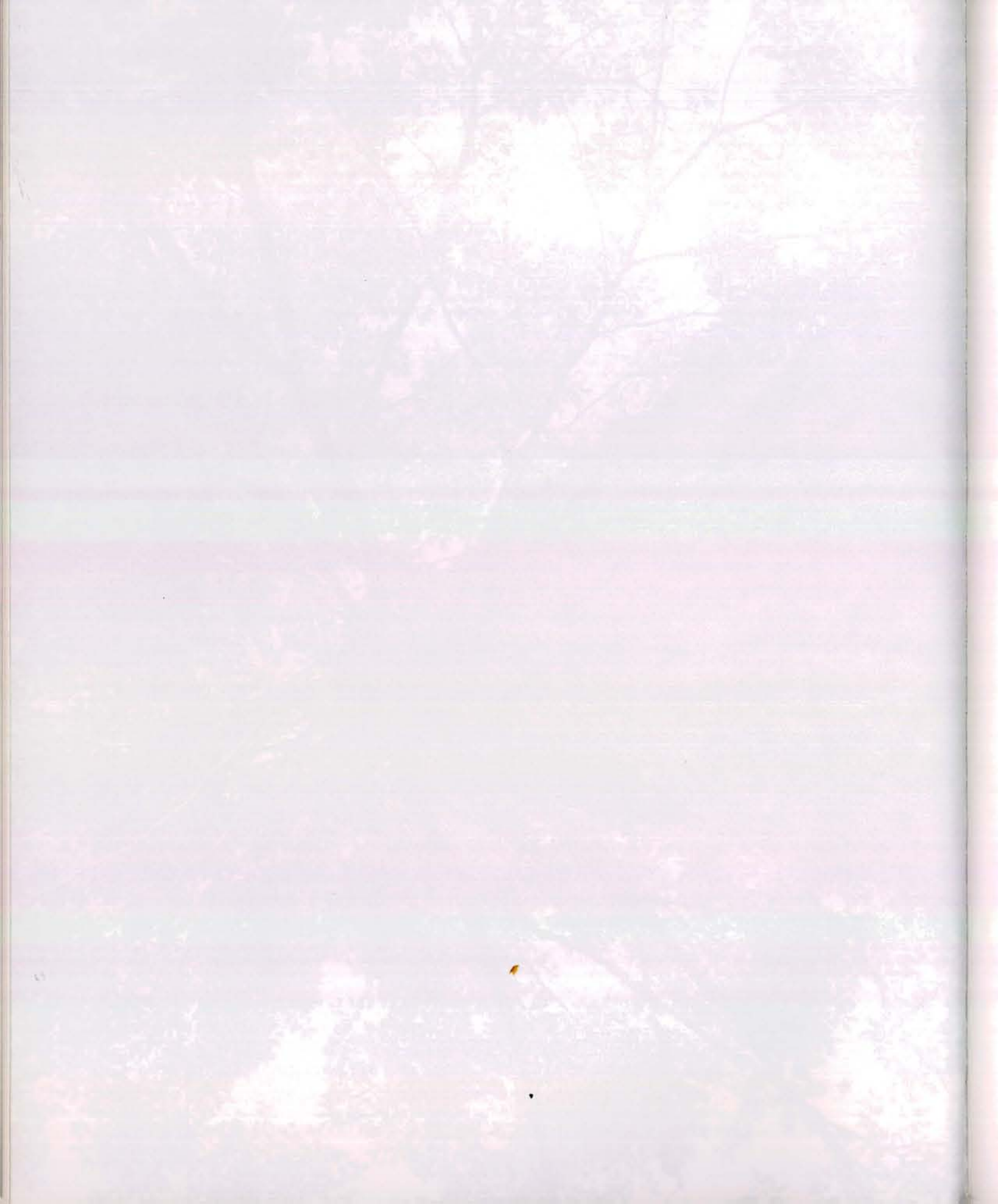
Diagnóstico y descripción de los desórdenes fisiológicos

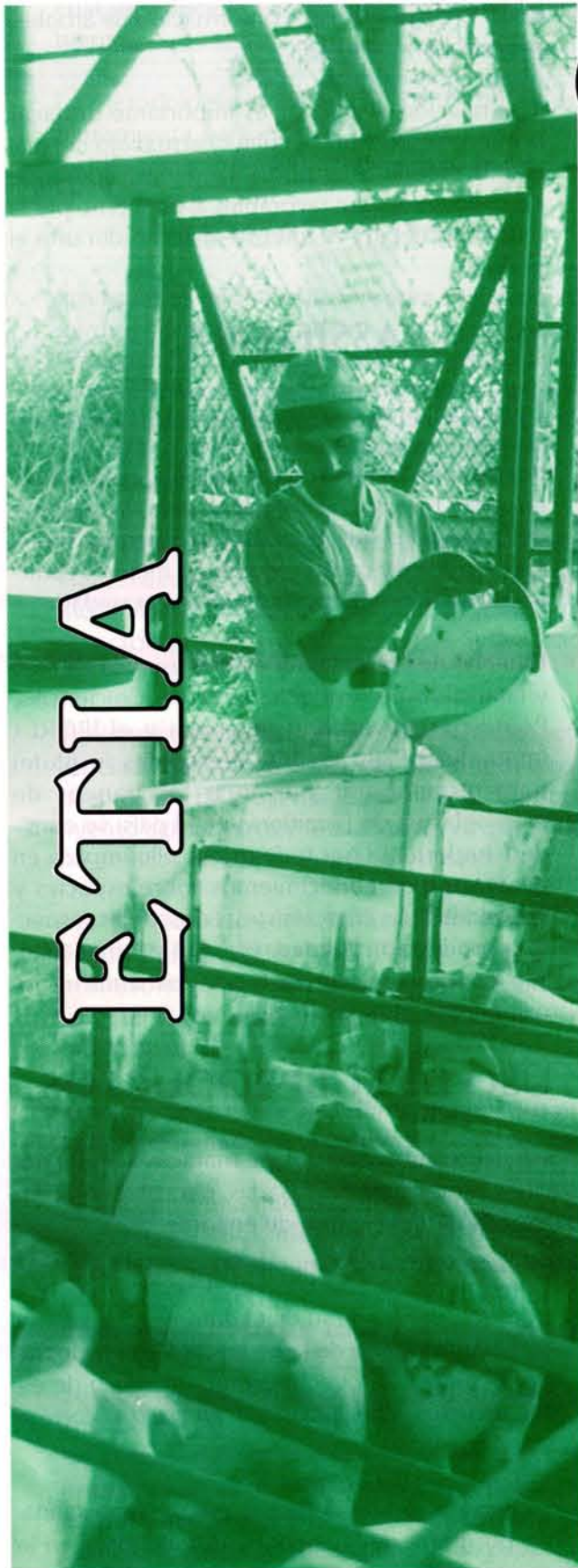
Diagnóstico: Se atendieron solicitudes para diagnosticar problemas en 14 fincas cafeteras en los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda y además se atendió una consulta por correspondencia, del comité de cafeteros de Santafé de Antioquia. Los problemas observados se relacionaban con los siguientes aspectos:

- Almácigos: Suelo pobre y sin adición de materia orgánica, Intoxicación por uso indiscriminado y repetido de agroquímicos y poda severa de la raíz.
- Siembra : Colino pasado, siembra superficial, incorporación de cal al hoyo en suelos de alto contenido de calcio.
- Primer año de desarrollo de las plantaciones: Clorosis calcárea, defoliación severa, muerte de plantas, amarillamientos, mal desarrollo radical por condiciones físicas de suelo, deficiencias nutritivas.
- Segundo año de desarrollo: Paloteo, mal desarrollo radical por condiciones físicas de suelo, deficiencias nutritivas, intoxicación por glifosato, enanismo (crespera), amarillamiento generalizado.
- Floración: Efecto de aplicaciones de benlate, retardo en la floración, presencia de goma sobre las yemas.

Descripción de los desórdenes fisiológicos del café. Se continuó con la elaboración de este manual. Se completaron 230 fichas descriptivas que contienen información sobre las características, síntomas, agente causante, importancia económica, control y bibliografía sobre cada disturbio. Este material está además respaldado con su respectivo registro fotográfico.







PLÁTANO

Germoplasma

- El híbrido mejorado FHIA-21, aunque ha sido susceptible a virosis, muestra un excelente desarrollo productivo en la zona cafetera central, y ha recibido buena aceptación por los consumidores.
- No hay diferencias importantes en la composición bromatológica entre las variedades Africa 1, FHIA-21 y Dominico Hartón.

Almácigos

- Hay efecto de la adición de la materia orgánica descompuesta al suelo en el desarrollo del material de siembra; por economía y disponibilidad lo mejor es: suelo + pulpa en relación 4:1.
- La gallinaza no ha sido adecuada para uso en almácigos, (posiblemente por el exceso de calcio - desbalance nutritivo); por tanto, se observa pérdida de plantas y clorosis foliar.
- En dos meses se obtiene material de siembra a un costo 30% menor que la semilla tradicional.

Nutrición

- La respuesta más consistente en fertilización se presenta con el potasio, en la mayoría de los andosoles; también hay correlación positiva entre la concentración foliar de este elemento y el crecimiento.

CAUCHO

- Los registros indican que los clones evaluados tienen un comportamiento satisfactorio en condiciones de altitud; sobresalen los materiales de origen asiático por producción.
- El sistema de producción caucho - plátano - cacao, es viable desde el punto de vista agronómico.

mico y productivo. Durante el período improductivo del sistema, 1,5 años, es posible desarrollar cultivos transitorios como maíz, frijol, ahuyama, etc. Esta es una alternativa para los pequeños productores.

- Durante este período se logró una nueva alternativa de comercialización del caucho, como látex sin coagular, con lo cual se disminuyen los costos de beneficio (instalaciones, mano de obra) y se evita la contaminación del agua.
- En general, se presentó un mejor comportamiento fitosanitario (plagas y enfermedades) con relación al año anterior.
- Como una respuesta al manejo que se le ha dado a los árboles con síntomas de llaga estrellada ocasionada por *Rosellinia pepo*, se logró detener la enfermedad en los clones brasileros.
- Para este año se registra la presencia de un insecto benéfico (*Bactrothrips* sp.) que se alimenta de esporas de hongos.
- Se iniciaron trabajos con el fin de determinar la capacidad micorrízica que tienen las plantas de caucho, como una alternativa de manejo biológico para la Llaga estrellada.

CÍTRICOS

- Aunque los árboles son aún muy jóvenes (4,5 años), los resultados de las evaluaciones muestran tendencias interesantes en el sentido de la buena adaptación (desarrollo, producción y sanidad) del grupo de las Clementinas. Esto abre la posibilidad de contar a mediano plazo con una oferta de nuevos productos al mercado nacional de fruta fresca, que en la actualidad sólo dispone de dos variedades de mandarina con valor comercial.
- Con relación a la naranja, se resalta la producción de tres variedades que pueden ser de importancia para el sector agroindustrial.
- Los datos reafirman el buen desempeño de los portainjertos trifoliados (Sunky x Englis y

C.4475) en desarrollo, conformación de árboles, producción y sanidad.

- Con relación a sanidad, es importante destacar la buena respuesta del cultivo, al manejo del mal rosado mediante las podas sanitarias, a pesar de las condiciones tan favorables al patógeno por la humedad debido al intenso invierno durante el período.

PASSIFLORAS

- Las validaciones comerciales de las procedencias previamente evaluadas en Cenicafé, están indicando que sobre el tema de variedades de maracuyá, en el país hay mucho por hacer, para así disponer de materiales que le ofrezcan a productores, procesadores y consumidores, las mejores características de productividad, calidad y sanidad.
- El hecho de poder lograr el compromiso técnico y financiero de instituciones como Colciencias, Pontificia Universidad Javeriana y el IPGRI (Internatinal Plant Genetic Resources Institute) para incrementar y evaluar los bancos de germoplasma de passifloras en el país, se considera importante por todo lo que ello implica en generación de conocimientos sobre especies y variedades con características deseables respecto a producción calidad, sanidad y longevidad. Ello podría abrir nuevos mercados tanto nacionales como internacionales.

USO DE SUBPRODUCTOS

El uso de los subproductos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y otras frutas procesadas, para alimentación de cerdos durante la fase de engorde.

- Con el suministro continuo de desechos frutícolas a cerdos, dentro de su dieta durante toda su fase de levante y parte de la de engorde, se ha logrado un mayor aprovechamiento en el uso de estos recursos, con ganancias en peso y conversión alimenticia.
- La recolección de desechos para relleno sanitario por parte de Passicol ha disminuido, con lo

cual se reduce la contaminación del medio ambiente.

- La metodología empleada se convierte en una herramienta para evaluar el aporte nutritivo de los desechos frutícolas en alimentación porcina

MACADAMIA

- Los estudios que se realizan sobre evaluación de germoplasma de macadamia en tres localidades (Paraguaicito, La Catalina y la Romelia) han demostrado que los árboles han presentado mejor vigor (altura, diámetros de copa y tronco) en La Romelia; sin embargo las producciones no han sido las mejores.
- El sistema de producción macadamia - café es viable desde el punto de vista agronómico, fitosanitario, biológico y económico para el primer ciclo productivo del café, en la Subestación La Catalina.
- Teniendo en cuenta la gran cantidad de insectos asociados al cultivo y algunas enfermedades, la macadamia ha presentado muy buen comportamiento agronómico y fitosanitario, ya que ninguno de ellos reviste importancia económica.
- Los tres materiales seleccionados del Huerto del 69 de Paraguaicito (P-5, P-35 y P-38) como promisorios, siguen conservando sus buenas características agronómicas, fitosanitarias y de productividad.

Estudios biológicos de *Rosellinia pepo*, causante de la llaga estrellada en el cultivo de la macadamia

- Se encontró una nueva metodología para el aislamiento de *Rosellinia pepo*, la cual permite obtener el hongo fácilmente de las muestras de campo y asegura un crecimiento y desarrollo del patógeno en el medio de cultivo.
- Se observaron dos tipos de microorganismos, *Trichoderma* sp y una bacteria aún sin identificar, los cuales impiden el crecimiento del patógeno invadiéndolo completamente. Es probable que en posteriores estudios estos organismos sirvan como controladores biológicos de *R. pepo*.

- Fue posible el crecimiento de *R. pepo* en un medio mínimo sintético (MMS), paso importante que permite continuar con la caracterización bioquímica del hongo, lo cual contribuye al conocimiento de los mecanismos de infección del patógeno.
- Se realizó la descripción macroscópica del hongo, determinando el crecimiento radial, la textura y color de la colonia, lo que da una visión más amplia de su caracterización biológica, originando nuevas alternativas para el manejo de esta enfermedad.

NORMALIZACIÓN DE FRUTAS Y HORTALIZAS

- Ratificación por parte del Consejo directivo del ICONTEC, en el mes de febrero de la Norma Técnica Colombiana para uchuva (*Physalis peruviana* L.), asignándole como número clasificador el NTC-4580.
- Representación del país en la Octava Reunión del Codex Alimentarius y la sustentación de las propuestas de normas para pitaya amarilla y uchuva. Por primera vez el país participa en este importante evento ante delegados de 80 países; se aprovechó la ocasión para dar una imagen distinta de Colombia mostrando la gran diversidad de frutos que produce y el compromiso a nivel mundial que se está asumiendo respecto al proceso de normalización.
- Es de resaltar el interés de los miembros del Comité en pleno, por la calidad y el soporte técnico y científico que respalda cada una de las propuestas de Norma. Se tiene previsto que en la reunión del comité durante el primer trimestre del año 2000, se finalice el proceso de evaluación y estudio de la norma y de esta manera, otorgarles el título de Norma Codex, a las dos propuestas presentadas.
- Durante este período fue muy importante la alianza estratégica entre **Cenicafé - SENA - ASOHOFRUCOL - FONDO HORTIFRUTÍCOLA**, para llevar a cabo un plan de capacitación sobre

todos los aspectos relacionados con la calidad de los productos frescos y la forma de mantenerla mediante un adecuado manejo de las etapas de postcosecha. Este trabajo de colaboración, es una alternativa para transferir conocimiento a los diferentes niveles vinculados con el sector y ampliar la cobertura a toda la cadena agroalimentaria.

- En el Convenio suscrito entre Cenicafé - Sena - Asohofrucol, para el desarrollo del proyecto denominado "Capacitación en Tecnología Postcosecha", se pretendía la capacitación de 570 personas; sin embargo, durante su ejecución esta cifra aumentó a 997 personas, quedando pendiente la culminación del ciclo de capacitación en dos municipios, Pasto y Granada (Meta) (Figura. 11).
- Los conceptos emitidos por el personal asistente, permiten concluir que el tema desarrollado tuvo gran aceptación dentro del público participante, lo cual también se pudo apreciar en las solicitudes de extender estas capacitaciones a otros municipios del país.
- Dentro de este proceso se contó con la participación de productores, comercializadores, agroindustriales, servicios de asistencia técnica (SAT): Secretarías de Agricultura, UMATAS, Co-

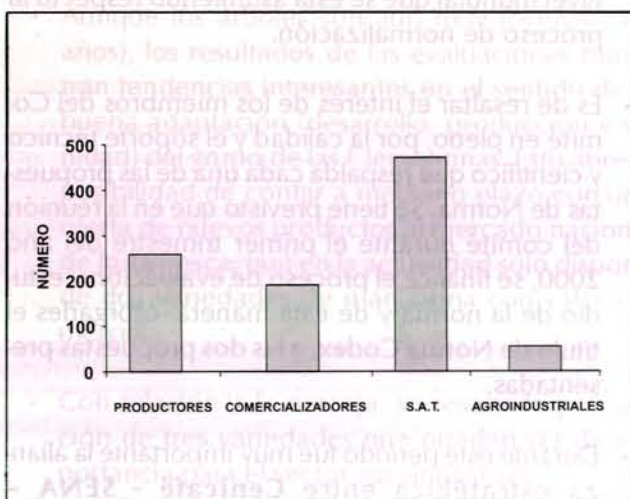


Figura 11. Distribución de las personas capacitadas por sectores.

mités de Cafeteros y Centros de Formación Técnica y Profesional.

- Durante este período, se finalizó la caracterización de mango variedades Tommy Atkins y Van Dyke, en el departamento del Tolima. Así mismo, se inició el trabajo de caracterización en otra zona representativa de la producción ubicada en la Costa Atlántica, en el departamento de Bolívar, con las variedades mencionadas anteriormente.
- En el trabajo de campo se presentaron algunas dificultades para la recopilación de información debido a la alteración de las cosechas de Guanábana, Aguacate y Mango.
- Está en proceso el reinicio del convenio con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, para la Caracterización y Normalización de plátano (Dominico y Dominico Hartón), Maracuyá y Mandarina (Oneco y Arrayana).

Bromatología de naranja valencia, producida en dos rangos altitudinales en Colombia

- Los trabajos sobre bromatología de naranja han permitido generar una metodología que sirva para el análisis de la nutrición de otras frutas de la producción nacional.
- Se han obtenido datos representativos sobre la caracterización bromatológica de la naranja Valencia en Colombia, ya que la información existente se basa en registros de naranja producida en otros países.

LA INVESTIGACIÓN FORESTAL CON ESPECIES NATIVAS

Ensayo de procedencias y progenies.

- Con el fin de determinar la variabilidad genética del material vegetal de *C. alliodora* utilizado en el establecimiento de la investigación, se adelantó la caracterización molecular de 80 progenies.
- Para garantizar la permanencia de los árboles PLUS seleccionados, se iniciaron los trabajos de propagación vegetativa en *C. alliodora* mediante injertos y enraizamiento de estacas.
- Con el ánimo de disponer de las ventajas que ofrecen los Sistemas de Información Geográfica en el manejo, análisis y extrapolación de resultados, se realizó la ubicación de cada sitio en la cartografía digital de las áreas de influencia directa de la investigación.
- La medición y análisis del primer año de las plantaciones, se efectuó a los parámetros altura total y porcentaje de sobrevivencia en los nueve sitios experimentales.
- El mantenimiento de plantaciones se continuó sobre las 27,2 hectáreas logradas en la investigación.

Conservación de recursos genéticos forestales en la región andina colombiana

- Para la conservación *ex-situ* se seleccionaron 20,6 hectáreas con el fin de instalar bancos de germoplasma. Para las principales especies seleccionadas en la caracterización florística y estructural de cuatro relictos de bosques, se logró la producción de 40,839 plántulas, totalizando así 52,176 plántulas, utilizadas en el establecimiento de 10.15 hectáreas, completando 15.55 hec-

táreas plantadas en seis bancos de germoplasma *ex-situ* en los municipios de Belén de Umbría, Dosquebradas, Pereira, Líbano, Herveo y Chinchiná. Todos los sitios de experimentación se ubicaron en cartografía digital.

- La medición y análisis del primer año de las plantaciones, se efectuó a las variables altura y porcentaje de sobrevivencia en tres sitios experimentales. El mantenimiento de plantaciones se continuó sobre las 15,55 hectáreas establecidas en la investigación.

Ensayo de silvicultura de especies forestales tropicales de alto valor comercial para reforestación industrial

- Del total de 101ha que será necesario plantar, se han instalado 82ha en los municipios de Fredonia, Puerto Boyacá, Salamina, El Tambo, Planeta Rica, Gigante, El Difícil de Ariguaní y Líbano; las especies en estudio son: *C. gerascanthus*, *S. parahybum*, *T. aff. billbergii*, *C. alliodora*, *T. rosea*, *A. acuminata* y *R. rospigliosii*. Se han plantado 162,980 plántulas y se ha registrado una sobrevivencia superior al 90%.

Reconocimiento de insectos y arácnidos asociados a siete especies forestales durante la fase de vivero

- Del total de insectos encontrados en las evaluaciones, la mayoría de ellos (82%) resultaron de hábito fitófago pero pocos causaron daños severos en las plántulas. Igualmente se detectaron (18%) artrópodos predadores y parasitoides, pero en algunos casos eficientes en el control de insectos. Lo anterior determinó que se va a hacer un seguimiento de estos individuos que en un futuro pueden ser la base de un manejo integrado de insectos dañinos. Los insectos fitófagos detectados están indicando que es necesario dar un manejo adecuado a los viveros para evitar que estos organismos se conviertan en un futuro, en plagas potenciales de las especies nativas.

PRODUCCION ANIMAL

- Aprovechando los toros de ganado Aberdeen Angus que ingresaron a la granja y con el fin de tener animales genéticamente superiores se dio inicio al programa de cría de ganado Brangus, con lo que se están obteniendo animales de unos índices productivos superiores (mayores ganancias de peso). Para este período se obtuvo:

- Preñez del 100% en hembras Brahman
- Natalidad para el período: 57,8%
- Ganancia de peso en las crías de 983,35g/día.

- Teniendo en cuenta el buen comportamiento que han tenido los reproductores Angus negros, se continuó con los trabajos de adaptación de toros de la misma raza, de color rojo.
- La instalación de la cerca eléctrica ha permitido el manejo de praderas en parcelas más pequeñas, incrementando la producción de forraje y la capacidad de carga de la granja.
- A pesar de los problemas de comercialización de la leche y la baja en el precio para los productores, se conservaron los índices productivos y reproductivos y los ingresos obtenidos por este concepto en la granja.
- Se disminuyó la patología en el ganado de la Granja en un 16%, con respecto al año anterior, esto dado por un mejor manejo en el hato.

Efecto de la *Euphorbia lancifolia* (Ixbbitts) como suplemento alimenticio en ganado de leche

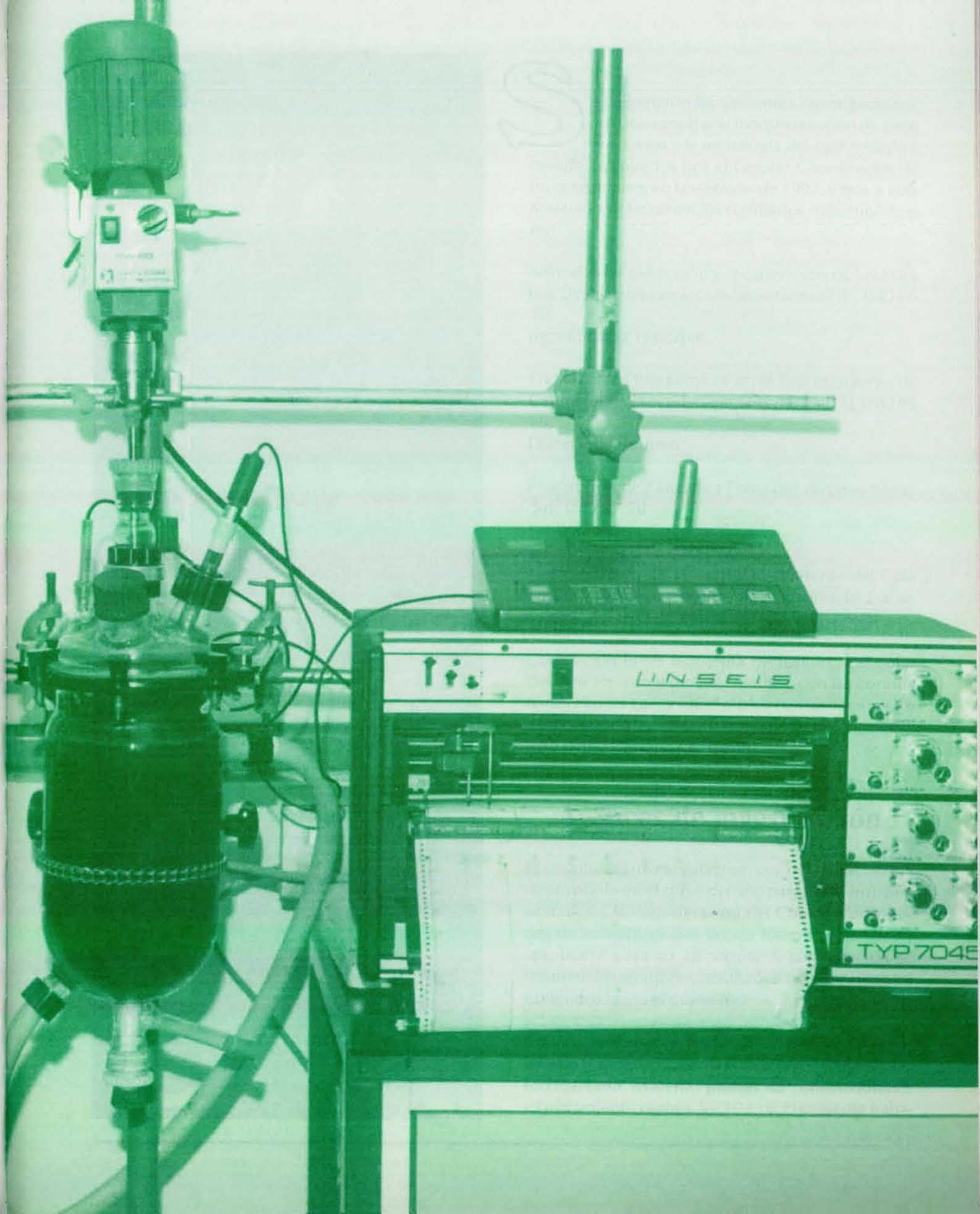
- Permite la posibilidad de considerar otros parámetros de investigación de forrajes, considerando la biodiversidad del país como alternativa al consumo de los animales. Se da así, inicio a otras fuentes de alimentación en ganadería bovina de leche, aumentando la producción, conservando

la calidad de la leche y disminuyendo los costos de producción.

- Brinda información a los ganaderos productores de leche los aspectos relacionados con la instalación y manejo de la *Euphorbia lancifolia*, y sobre las mejores condiciones para el desarrollo y la calidad forrajera de esta planta para los animales.

Cría en cautiverio de la guagua (*Agouti paca*) en zona cafetera

- Se obtuvo un número importante de ejemplares de una especie de la cual las poblaciones están prácticamente extintas.
- Este trabajo esta encaminado a la protección y conservación de los recursos ambientales por medio de la investigación de alternativas productivas basadas en el manejo racional de especies no convencionales (bovinos, porcinos, aves, etc.), buscando optimizar el uso de los recursos disponibles que se encuentran en grave peligro de desaparecer, sin que se conozcan los beneficios que de ellos se puede obtener.
- Con este tipo de trabajos se marcan las pautas iniciales para la generación de conocimientos que propendan por la protección y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales en beneficio de la comunidad, sin causar su deterioro, mediante sistemas de manejo que aseguren su preservación para las futuras generaciones.
- Se está llevando a cabo un trabajo de educación y concientización que llega a diversos sectores de la comunidad, estudiantes de educación básica primaria y universitaria, comunidades rurales en general, lo cual permite que los esfuerzos realizados para la protección de los recursos medio ambientales sean fructíferos y no se limiten solo a las acciones de un centro de investigación, sino que se comprometa a la comunidad a participar en el proceso.



PRODUCCION ANIMAL

que, teniendo los datos de ganancia y pérdida de agua que ingresaron a la granja y con el fin de tener animales genéticamente superiores se realizó el programa de cría de *Agouti* (Brazuca) con lo que se están obteniendo animales con altos índices productivos (de leche y de carne) y con un gran peso. Para este período se obtuvieron:

- Fecundidad del 100% en hembras.
- Natalidad para el período: 57,00%.
- Ganancia de peso en las crías de 383,35g/día.

Tratamiento de la leche: se realizó un tratamiento en queso tipo *Agouti* (Brazuca) con un contenido de grasa de 40,00% y un contenido de proteína de 10,00%. Los colores de la muestra son de color rojo.

La investigación de la vaca *Agouti* ha permitido el manejo de prácticas en la granja, lo que nos ha permitido obtener un mayor rendimiento de la producción.

de calidad de la leche y disminuyendo el costo de producción.

Se brinda información a los productores de leche de los beneficios que una buena alimentación y manejo de los animales puede brindar para la producción de leche.

Cría en cautiverio de la vaca *Agouti* (Agouti paca) en zona cañera

Se obtuvo un número importante de crías de una especie de la cual los pollitos ya están prácticamente extintos.

Este trabajo está encaminado a la producción y conservación de los recursos genéticos por medio de la investigación de las características de las vacas listadas en el libro de crías de la zona cañera, buscando optimizar sus características físicas y genéticas que se expresan en la producción de leche, sin que se comprometan sus características de conservación.

El objetivo principal de esta investigación es brindar información sobre la producción de leche en la zona cañera.

El efecto de la suplementación con sal y calcio como suplemento mineral en la ganancia de leche

Es posible de considerar otros parámetros de investigación de la granja, tal como la ganancia de leche con suplementación mineral en los animales. Se da un inicio a otras investigaciones en la zona cañera.

El objetivo principal de esta investigación es:

- Estudiar el efecto de la suplementación con sal y calcio en la ganancia de leche en la zona cañera.
- Estudiar el efecto de la suplementación con sal y calcio en la ganancia de leche en la zona cañera.
- Estudiar el efecto de la suplementación con sal y calcio en la ganancia de leche en la zona cañera.

INDUSTRIALIZACIÓN

Se culminaron las siguientes investigaciones, relacionadas con la industrialización de otros productos y la tecnología del café tostado y molido, aprobados por el Comité Coordinador de Investigaciones en la vigencia de 1997, y que a continuación se resumen los resultados más importantes:

Métodos de extracción y recuperación de volátiles por Destilación-Extracción Simultánea (P.T). IND 05 10.

Ingrid Suárez Hincapié.

Tratamientos Bioquímicos en el Procesamiento de Café soluble. Procedimiento Secuencial (T). IND 05 16

Diana Ruiz Romero

Producción de Panela en Polvo por diversos Métodos. IND 07 20

Sandra Patricia Guzmán Gil

Normalización de la Densidad Aparente del Café Tostado y Molido y de la Concentración del Extracto de Café. IND 08 01.

Correlación entre la merma de tostión, y el color del café tostado y molido, medido con las coordenadas Hunter Lab, y CIE $L^*a^*b^*$, y con un colorímetro especializado

José Jaime Castaño Castrillón

Avances de investigación

Las siguientes investigaciones, cuya preparación fue desarrollada en el curso del año pasado, fueron presentados a la consideración del Comité Coordinador de Investigaciones donde fueron analizados y aprobados para su ejecución. A continuación se resumen los avances y resultados más importantes obtenidos hasta el momento:

Influencia de los Sistemas de Tostación y Enfriamiento no Convencionales sobre la calidad del café torrefactado. Materias primas no convencionales y Enfriamiento rápido. IND 04 16. El presente traba-

jo tuvo como propósito generar información de la aplicabilidad y utilidad de algunas técnicas analíticas en la evaluación de la calidad del café colombiano y de la eficacia de estas para realizar una discriminación con cafés de diferentes denominaciones, grados de daño, pretratamientos y sistemas de tostación. Este trabajo, busca ser de utilidad para las compañías comercializadoras del grano en sus diferentes aspectos y para los industrializadores de café soluble. La caracterización y discriminación de nueve muestras de cafés de diferentes clasificaciones, denominaciones y grados de daño, sometidos a dos pretratamientos: vapor de agua y acetato de etilo, se realizaron con base a la composición química semicuantitativa realizada por análisis CG-MS de los componentes volátiles, la composición de los ácidos grasos, la acidez, el pH, los rendimientos de extracción, el contenido de sólidos solubles y el color.

Se evaluaron tres niveles de torrefacción (14,17 y 21% de merma de peso). La identificación de los compuestos más representativos y responsables de la discriminación se realizó con aplicación del análisis estadístico multivariado. Se compararon 67 compuestos volátiles identificados en ocho de los cafés y se mencionan los nombres de los compuestos identificados, los tiempos de retención reales, el peso molecular y las cantidades de las áreas de los mismos. Entre los compuestos a destacar se encuentran: 2- Pentanona, 2-3 Pentanodiona, 2-Furanocarboxaldeído, Piridina, Metil-Pirazina, 5-Metil-2-Furanocarboxaldeído, Fenol, 2 - Metoxifenol, 2 - Propanona, ácido palmítico y se establecieron las correlaciones entre ellos.

Se registraron las características fisicoquímicas: contenido de lípidos, índice de refracción, el color (valores L, a y b) y la densidad de los aceites extraídos según el método de la AOAC. Los dieciséis cafés mostraron una composición de volátiles similares. La gran mayoría de éstos compuestos ya han sido registrados previamente en otras investigaciones. Se nota una gran cantidad de trazas que por su pequeña cantidad no han sido determinadas. Se registraron los compuestos responsables de la discriminación. El compuesto Fenol esta presente en trazas para los materiales tratados con vapor de agua, no estando presente en los tratados con solventes.

Los mencionados perfiles se analizaron estadísticamente, utilizando la reproducibilidad del método, los coeficientes de variación para el 84% de ellos; la variación fue inferior al 15% para todas las series de café. Debido a la gran complejidad de los aludidos perfiles y en aras de obtener una diferencia significativa, fue necesario la aplicación de la estadística multivariada. La composición química cualitativa y cuantitativa de los cafés analizados varía de acuerdo al proceso al cual fue sometido el grano del café verde. Se pudo realizar la discriminación por medio de los componentes principales. Las propiedades fisicoquímicas a destacar para éstos, están el índice de refracción, la densidad y el contenido de lípidos.

Industrialización de Café Brocado: Torrefacción, Extracción y Concentración. IND 05 12. Anteriormente se ha estudiado el efecto que tienen diferentes Grados de Brocado y diferentes niveles de infestación de broca del café en las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del café tostado. Luego, y partiendo de los resultados de ese trabajo se intentó encontrar condiciones óptimas de torrefacción para algunas mezclas de café perforado por broca, y se compararon con las condiciones de torrefacción para café en buen estado. En esta tercera parte del trabajo se pretende estudiar el efecto que tienen diferentes grados de brocado sobre el proceso de crioconcentración del extracto, y cómo estos grados de brocado influyen en la calidad de los extractos obtenidos finalmente.

Dentro del proceso de producción de café soluble, el proceso de concentración del extracto se ubica justo antes del proceso de secado, ya sea por atomización o liofilización y se efectúa para hacer más rentable y eficiente el proceso, puesto que así se llega a este con menos agua en el extracto. Es de importancia que para la producción de café soluble un proceso de concentración que garantice la permanencia de los aromas propios del café dentro del extracto. Como ya se mencionó el proceso más común de concentración empleado dentro de la industria del café soluble es el de crioconcentración. Cabe entonces la pregunta de si las características negativas de los cafés perforados por broca pasan a los extractos obtenidos después del proceso de concentración. Este trabajo es un primer intento de responder a esta pregunta.

En lo que se refiere al café tostado, se confirmó la dependencia que presenta la densidad del café almendra, el café tostado en grano, y el café tostado y molido del grado de brocado. Se encuentra una dependencia de la humedad del café tostado y molido con el grado de brocado, la cual no había sido observada en trabajos anteriores, en los cuales se había detectado esta dependencia pero con relación al nivel de infestación.

En lo que se refiere a la calidad organoléptica de los extractos, se tiene que en trabajos anteriores, se habían detectado diferencias entre los productos 100% brocados GRADO 1 y GRADO2, con relación al producto NORMAL, pero sin llegar al rechazo en el GRADO1, y si llegando al rechazo en el GRADO2. En este trabajo no se encuentran diferencias entre los extractos crioconcentrados NORMAL, GRADO1, y GRADO21, y son en valor absoluto similarmente calificados, con alguna tendencia a un menor valor para el producto NORMAL, es como si las diferencias tenidas en un principio entre estas tres calidades de materia prima tendieran a perderse por el proceso de Crioconcentración.

El extracto 100% brocado GRADO3, sin embargo, continua siendo el peor calificado, en forma notablemente inferior a los demás, aunque sin llegar a valores de rechazo, como si sucedía en (1). Algo similar ocurre con la Acidez Titulable y el pH de los extractos, donde nuevamente los extractos NORMAL, GRADO1, y GRADO2 muestran valores parecidos. En un trabajo anterior no se habían encontrado diferencias significativas entre la Acidez Titulable y el pH de los productos Normales y 100% GRADO1, situación que se repite en el presente trabajo, después de haber pasado los extractos por el proceso de crioconcentración. Los 100% brocados GRADO2, tampoco mostraban diferencias significativas con relación a estas variables y al producto NORMAL, análogamente a lo que sucede en el presente trabajo. También análogamente con lo mostrado en este trabajo los productos 100% brocados GRADO3, sí mostraban diferencias significativas con relación al NORMAL, y al 100% brocado GRADO3.

Los parámetros de proceso: cantidad de extracto producido, concentración final, tampoco se ven

influenciadas por el grado de brocado de la materia prima. Las variables del extracto: contenido de sólidos insolubles, tensión superficial, densidad, viscosidad, tampoco mostraron dependencia del grado de brocado, aunque es de anotar que la medida de viscosidad resultó ser muy insegura pues presentó un coeficiente de variación muy alto. El color medido instrumentalmente por medio de las coordenadas Hunter Lab y CIE L*a*b*, no mostró dependencia significativa del grado de brocado, aunque es de anotar que el color organoléptico si mostró diferencia significativa mostrando dos grupos (NORMAL, GRADO1, GRADO21) y (GRADO3), lo cual es un resultado aparentemente contradictorio.

El análisis de componentes principales mostró a los grupos (GRADO1, GRADO21) completamente indiferenciados, al (NORMAL) con algo de diferencia, y al (GRADO3) definitivamente diferente de los otros. Por no estar aun finalizados los experimentos de almacenamiento, no se incluye ninguna conclusión sobre ellos.

Interacción aleloquímica de frutos de cafeto (*Coffea spp*) y la broca *Hypothenemus hampei* (Ferrari) 1867. IND 03 03. Se presentan los avances de la investigación propuesta en que se refiere a la estandarización de técnicas de análisis e identificación de algunos compuestos de interés en la interacción fruto de cafeto y la broca. De los resultados obtenidos hasta el momento, no es posible inferir todavía una tendencia característica del perfil cromatográfico de los lípidos epicuticulares en función del estado de desarrollo de los frutos de cafeto, o con relación a las diferentes variedades estudiadas. Se ha logrado la identificación definitiva de los compuestos saturados normales C27 a C31 de la fracción de hidrocarburos. Se anota, de manera particular, la presencia de la cafeína en una proporción mayoritaria dentro de los extractos crudos de los lípidos analizados. Además de presentarse este alcaloide como una interferencia dentro del análisis de los lípidos estudiados, da oportunidad para examinar la acción de este compuesto en la interacción fruto - insecto mediante bioensayos sistemáticos. Otro compuesto de interés que si pertenece a la familia de lípidos vinculado al café, y que se ha determinado su existencia en los lípidos examinados, es el tocoferol. Es compuesto amerita también estudiarlo en su acción antioxidante.

Es necesario proceder a realizar un fraccionamiento de los extractos de los lípidos superficiales de los frutos de cafeto, mediante la cromatografía preparativa de capa delgada, con el fin de analizar independientemente y con mayor certidumbre los compuestos de las diferentes familias. También deben emplearse las técnicas necesarias de transformación química a derivados convenientes de los compuestos de las familias que lo requieran, para mejorar los análisis por cromatografía de gases.

Café orgánico: Caracterización, torrefacción, enfriamiento y almacenamiento. IND 04 13. Con el propósito de diferenciar el café orgánico del no orgánico y su dependencia con los sistemas de torrefacción-enfriamiento, se está realizando una caracterización fisicoquímica en verde y tostado de ambos tipos de café.

Los dos tipos de cafés fueron procedentes de la Estación Central Naranjal de Cenicafé. La caracterización del café verde se realizó para mallas 15, 16 y 17, evaluando las variables de color, densidad, lípidos, proteínas, pH - acidez total y actividad acuosa (a_w). La torrefacción se realizó en un tostador de tambor rotatorio según pérdidas de peso: 14, 17 y 21% y para el enfriamiento se utilizó aire, agua y CO_2 . Para determinar la temperatura de enfriamiento con CO_2 se realizaron tres ensayos (-20°C , -5°C y $25^\circ\text{C} \pm 3$) en el sistema de tambor según las pérdidas de peso planteadas. El café orgánico verde presentó menor porcentaje de lípidos y proteínas para la malla 17 y menor acidez que el café sin manejo orgánico. El café orgánico tostado presentó porcentajes de sólidos solubles y rendimiento del café más altos y porcentaje de lípidos e índices de peróxidos más bajos. Para la variable porcentaje de lípidos las diferencias entre materias prima se observaron para los grados de torrefacción del 14 y 17% de pérdida de peso, pero igualmente asociadas al tipo de enfriamiento; el café enfriado con agua tuvo mayor porcentaje de lípidos para las dos materias primas; a altos grados de torrefacción (21%pp). Los compuestos químicos de las dos materias primas se han degradado a tal punto de no presentar diferencias en esta variable.

El porcentaje de proteínas disminuye al enfriar con agua en los tres grados de torrefacción, la diferen-

cia entre materias primas es más notoria para las pérdidas de peso del 14 y 17% en los granos enfriados con agua que con aire. Independiente del grado de torrefacción el café orgánico enfriado con agua presentó mayor densidad y granos con tonalidades más claras, mientras que al enfriarse con aire la densidad y el valor L del color fueron iguales al café normal. El enfriamiento con aire disminuye el índice de peróxidos y los sólidos solubles. Independientemente de la materia prima, los granos enfriados con aire tuvieron tonalidades más claras (mayor valor L del color) y valor de pH más bajo en la pérdida de peso del 21%, mientras que en densidad las diferencias se presentaron en las pérdidas de peso del 14 y 17%, en las cuales los granos enfriados con agua fueron menos densos. Al enfriar con CO_2 a tres temperaturas, la temperatura influyó en las variables humedad y a_w .

Actividad enzimática de la polifenoloxidasas en la caracterización y almacenamiento de café verde. IND 06 07. La enzima polifenol-oxidasas (PFO) (1,2 benzenodiol:oxígeno oxidoreductasa) es una enzima cúprica que incide en la buena calidad de los granos (contribuyen a la coloración, además limita las alteraciones organolépticas) y permite determinar el grado de deterioro físico y organoléptico del café. Se encuentra localizada en la capa externa, en la mitad del grano y en el embrión de éste. Esta enzima es la única que cataliza la oxidación de los compuestos fenólicos que parece ser, son los que más influyen en el sabor y el aroma de la bebida del café. Ésta, al encontrarse ligada a la membrana celular, modifica su permeabilidad y estructura por malas condiciones de humedad y temperatura durante el almacenamiento.

Con el fin de estudiar la actividad de la enzima polifenoloxidasas (PFO) en café verde almacenado y su relación con la calidad de taza de la bebida final, en Cenicafé se realizó una investigación almacenando café proveniente de tres Subestaciones Experimentales durante seis meses. El diseño experimental utilizado fue el de bloques al azar, donde el factor de bloqueo es la procedencia del café, con seis tratamientos por bloque (calidades): Excelso, Excelso con defectos, Consumo, Mezclas Consumo-Pasilla 90-10, 70-30 y 40-60. Las muestras se almacenaron a condiciones promedio de 24.2°C y

69.7% evaluando cada mes las variables fisicoquímicas humedad, pH, acidez, lípidos, proteínas, densidad, color, y actividad enzimática específica de la PFO, además de la calidad de taza de la bebida.

Los ensayos preliminares indican que la enzima PFO presenta el máximo pico de actividad en 480 nm y pH 6,0 (enzima parcialmente purificada). En la fase experimental se encontraron diferencias significativas para todas las variables estudiadas según su procedencia, y en la humedad, acidez, lípidos y densidad según la calidad del café almacenado; la actividad enzimática de la PFO no decrece severamente durante seis meses y tiene períodos de activación/inhibición que indican modificaciones fisicoquímicas asociadas al color, densidad, proteínas y una distribución lipídica en el grano. Con los resultados obtenidos no se ha correlacionado aún la actividad de la PFO con las pruebas de Catación de la bebida; a través del tiempo los defectos de calidad organoléptica más notorios son el reposo y el fermento.

Obtención bioquímica de celulosa y etanol a partir del café agotado. IND 07 24. En la búsqueda de alternativas para el aprovechamiento de los residuos sólidos que se generan en el procesamiento de café soluble, se han obtenido productos industrialmente útiles, como celulosa y colorantes. Sin embargo, los procedimientos empleados para lograrlo ocasionan mayor contaminación ambiental a la que presenta en la actualidad la disposición final del residuo.

Recientemente se ha investigado la degradación de materiales ligno-celulósicos (materiales constituidos principalmente por lignina y celulosa) y dentro de los cuales puede incluirse la borra del café mediante el empleo de microorganismos en procesos biológicos que han mostrado ser más "limpios" ambientalmente. Con el propósito de darle un uso industrial a la celulosa, principal componente de la borra del café, se estudia la obtención de las isoenzimas que se han encontrado en cultivos, principalmente del hongo *Phanerochaete chrysosporium* y la bacteria *Streptomyces viridosporus* cuando se les induce a su producción. Estas isoenzimas son secretadas por varios microorganismos denominados Ligninolíticos cuando se agotan sus fuentes de energía en el metabolismo primario; es así como su obtención por inducción se realiza limitando las

fuentes de energía e incluyendo un metabolito secundario (compuesto especializado que activa una nueva ruta metabólica) en el medio *in vitro*. Las isoenzimas aisladas pueden ser ahora empleadas específicamente para degradar ciertos componentes de un material y dejar los otros expuestos para su posterior aprovechamiento (Kirk).

Con el fin de contribuir a la eliminación de los subproductos sólidos generados en la industria del café soluble se propone su aprovechamiento mediante una metodología constituida por tres etapas. La primera de ellas y en ejecución involucra la producción y evaluación de las isoenzimas ligninolíticas LiP a partir del hongo *Phanerochaete chrysosporium* y ALiP de la bacteria *Streptomyces viridosporus*. La segunda consistirá en la deslignificación de la borra empleando las enzimas obtenidas e independientemente sometiénola a fraccionamiento termomecánico y en la tercera etapa se empleará el producto deslignificado como sustrato para la obtención de etanol por sacarificación y fermentación simultánea. En la etapa inicial de la investigación se estudia la producción de isoenzimas ligninolíticas de *P. chrysosporium* por inducción con un metabolito secundario presente en los cultivos. El análisis cualitativo empleando la técnica de electroforesis en gel discontinuo indicó la presencia de proteínas de alto peso molecular en mayor proporción a las de bajo peso, en dos fluidos extracelulares. Las lecturas de absorbancia registradas posteriormente en la cuantificación de actividad enzimática, mediante determinación espectrofotométrica a 310µm (UV), mostraron alta dispersión e interferencia óptica resultando inapropiada ésta técnica en el espectro de absorción ultravioleta. Otra determinación de actividad ligninolítica en el rango visible proporcionó resultados reproducibles durante el tiempo de validez de la prueba y de la cual se pudo concluir que la eficiencia en la actividad encontrada en los fluidos extracelulares, sin previa filtración y posterior purificación, fue alrededor del 8% con respecto a la reportada en la literatura.

Caracterización Ganulométrica del Café Colombiano. IND 04 18. La Norma Técnica Colombiana NTC 2441, que estipula la metodología actualmente empleada en la determinación del tamaño de

partícula del café tostado y molido, al parecer no está caracterizando correctamente las partículas y presenta fallas que pueden deberse tanto al método de medida utilizado, como a los cálculos efectuados con los datos obtenidos en la medición. Con el fin de determinar si la NTC 2441 presenta fallas y así plantear soluciones se lleva a cabo una investigación en la cual se observa el desempeño de la técnica de difracción de rayos láser en la medición del tamaño de partícula de café tostado y molido y se examina la precisión con que el modelo de Rosin-Rammler-Bennet-Sperling (RRBS), usado en la Norma, ajusta la distribución de tamaños, ensayando nuevos modelos en los casos en que este no sea apropiado.

Adicionalmente, se estudia la influencia de factores como el tipo de café y su grado de tuestión en los resultados de la molienda y se analizan muestras de café producido por diferentes industrias colombianas, esto último con el propósito de identificar los rangos de molienda del café tostado y molido consumido en nuestro país, y así poder discutir su mejor preparación.

Se tuvo la oportunidad de realizar pruebas en los laboratorios a los que tiene acceso la compañía Ostos&Ostos y el equipo Cilas 940 Liquid en donde se realizan los análisis por la técnica de difracción de rayos láser. La muestra se coloca en este equipo dentro de un compartimento en un medio acuoso, en este caso, y se somete a agitación para que la dispersión sea completa. Luego se hace circular por el sistema de manera que atraviesa una celda sobre la cual actúa un rayo láser, la medida de la difracción de este rayo es captada por un sensor que la transforma a diámetro de las partículas, reportándose finalmente la curva de distribución de tamaño de partícula para el polvo analizado tanto diferencial como acumulada. El equipo, adicionalmente permite, si el polvo analizado es demasiado aglomerado, aplicar ultrasonido para mejorar la dispersión, tanto en la agitación inicial como al momento de la medición.

Con esta metodología las partículas son medidas teniendo en cuenta sus tres dimensiones y en un rango de tamaños entre 0,5 y 2000 μ m, más que suficiente para el café tostado y molido. A partir de

las pruebas realizadas con café tostado y molido en el Cilas 940 Liquid, se concluyen lo siguiente:

- Aunque la medición puede realizarse utilizando como medio dispersante un gas se cree que es mejor utilizar un líquido, puesto que este último presenta unas características de viscosidad y densidad que permiten una mejor dispersión del gran número de finas partículas presentes en el café.
- No debe utilizarse ultrasonido en ningún momento de la medición porque su acción es muy fuerte y fractura las partículas.
- Se ensayaron dos fluidos como medios dispersantes: agua e isopropanol, encontrándose que la dispersión es mucho mejor en este último por condiciones de tensión superficial.
- El equipo presenta unas condiciones de concentración que deben respetarse, por esto se determino que la cantidad de muestra debe estar entre 0,2 y 0,5g, dispersos en 500ml de isopropanol.
- Un tiempo de agitación inicial de 20s y uno de medición de 20s son suficientes para analizar cada muestra.
- El isopropanol utilizado puede recuperarse filtrándolo.

En la etapa I se había planeado tomar unas fotografías utilizando un microscopio invertido Leitz Labovet, pero aprovechando la disposición de un analizador de imágenes ubicado en la fábrica de café liofilizado de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, se tomaron dichas fotos allí, con la ventaja no solo de calidad en las fotografías sino de poderse realizar mediciones de las partículas a través del uso del software Image Pro Plus 4.0. Esto permitió también solucionar una gran duda con respecto a si el uso de isopropanol afecta o no las partículas en la medición por difracción de rayos láser con el equipo CILAS 940 Liquid.

Se planteó un experimento en donde a cada partícula de café se le tomaron 5 fotos en su estado normal y 5 fotos después de haber sido sumergidas en isopropanol y sometidas a un proceso similar al

realizado por el equipo de difracción de rayos láser. Se analizaron en total 30 partículas, para un total de 300 fotos.

Con los datos de tamaño promedio para las 30 partículas se realizó una prueba de T pareada para determinar si existen diferencias entre los tamaños antes de y después de ser sometidas al isopropanol. La prueba se realizó de dos formas una comparando foto a foto y otra comparando los promedios de partícula de antes con los de después. Los resultados indican que no existe diferencia significativa entre los diámetros de las partículas medidos antes y después del tratamiento con isopropanol lo que indica que este no afecta el tamaño del café tostado y molido.

Con respecto a la forma de las partículas se obtuvieron los valores de redondez (Perímetro/4párea) y dimensión fractal de los bordes de la figura. La redondez de una circunferencia es 1 y la dimensión fractal de una línea es 1, los valores hallados indican que la forma de las partículas es irregular pero sin tener protuberancias que sobresalgan, lo cual es muy lógico puesto que de ser así, estas protuberancias serían fácilmente desprendidas en la operación de molienda.

Actualmente se continúa realizando la primera etapa del proyecto, se han realizado la mayoría de los análisis por tamizado y se procede a enviar las muestras a Bogotá para su análisis en el Cilas 940 Liquid. Se espera que la primera etapa este completamente terminada para la primera semana de Noviembre.

Productos de la Fermentación del Plátano: Etanol, Acido acético y bebida alcohólica. IND 07 21. El plátano es un producto insustituible en la dieta del pueblo colombiano, especialmente en la zona rural donde el consumo es alto; es material muy utilizado en la alimentación animal, es complemento valiosísimo de la industria cafetera por los ingresos adicionales y permanentes que genera, además se ha convertido en un producto de exportación de gran demanda (Instituto Colombiano Agropecuario, 1982). Estados Unidos importó en 1994, cerca de 165.000 toneladas métricas de plátano, principal-

mente de Colombia por valor total de 52,5 millones de dólares en el puerto de llegada. Sin embargo en nuestro país se exporta sólo el 5% de la producción nacional y el 95% restante se consume internamente (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 1996).

En Colombia su importancia es tal que se ha colocado en tercer lugar después del café y el arroz, en cuanto al valor de la producción, además de que junto con el café y el maíz es el cultivo que mayor porcentaje de mano de obra absorbe (6,3% aproximadamente). Su importancia socioeconómica se debe a que se cultiva en la mayor parte del territorio nacional y bajo diversas formas de explotación de acuerdo al modelo económico agrícola que se practique en cada una de las regiones donde se siembra y cosecha. En la mayor parte de los departamentos y en las zonas tanto rurales como urbanas, el plátano constituye, durante todo el año la fuente básica de alimento calórico para los sectores más pobres de la población, por esta razón se le considera como el cultivo de mayor importancia social para el país.

En esta investigación se trata de desarrollar y aplicar tecnologías al nivel experimental y a escala, en la industrialización y normalización de productos de diversificación y manejo de subproductos del plátano. Para brindar un valor agregado al plátano maduro, se utilizará como materia prima para la obtención de etanol, ácido acético y una bebida alcohólica.

Se determinó la relación plátano / agua a utilizar en todos los ensayos, encontrando que la combinación 500g de pulpa más cáscara con 1000ml de agua es la que permite la mejor homogeneización de la mezcla. Cuando se utiliza solo la pulpa de plátano la relación es 600 gramos de pulpa por cada 1000 mililitros de agua.

En el proceso de hidrólisis del almidón se ensayaron diferentes concentraciones de enzima y diferentes temperaturas de hidrólisis. Para determinar la cantidad de azúcar obtenido se trabajó con la técnica de azúcares reductores de Lane y Eynon descrita por Pearson, 1986.

La metodología para la determinación de azúcares no permite determinar concentraciones inferiores al 10%. En vista que en la mayoría de las muestras evaluadas se presentan valores inferiores a éste, se procedió a obtener un estimativo de la concentración de azúcar teniendo en cuenta una relación inversa, donde a mayor volumen de muestra gastada en la titulación menor concentración de azúcares reductores totales.

Es importante aclarar que la concentración de azúcares reductores totales obtenida durante el proceso de hidrólisis, está relacionada con la concentración de azúcares presentes en el plátano y a su vez, ésta se relaciona con el grado de madurez del mismo.

Estos resultados muestran que no es necesario hacer un proceso tan largo de hidrólisis del almidón, puesto que la mayor concentración de etanol se obtuvo con la muestra pulpa con 5 minutos de hidrólisis a 60 °C, la cual presentó muy baja concentración de azúcar al iniciar el proceso de fermentación.

En este momento se están realizando ensayos para determinar si es posible llevar a cabo el proceso de hidrólisis y fermentación en forma simultánea a una temperatura entre 30 y 35 °C. Es necesario además, determinar el tiempo de fermentación.

Cabe desatacar que los resultados mencionados anteriormente hacen parte de un proceso de determinación de condiciones óptimas para el desarrollo del experimento y que está sujeto a repeticiones, una vez esté disponible el equipo de fermentación.

Congelación Rápida (IQF) de la mora. IND 07 22. Para evitar pérdidas poscosecha, se crea la necesidad de desarrollar y aplicar la tecnología de la Congelación Rápida "IQF" a nivel experimental y a escala como uno de los métodos de conservación más eficientes, dada la condición que el producto altamente perecedero.

De acuerdo a lo anterior se plantea una metodología constituida por cuatro etapas: la primera involucra la recolección, selección, clasificación y

adecuación de la fruta, con el propósito de asegurar la uniformidad y calidad de la materia prima. La segunda etapa consiste en determinar la temperatura final de congelación de la fruta mediante 5 velocidades de congelación. En una tercera etapa se utilizará esta temperatura, como temperatura final de proceso, con el fin de seleccionar la velocidad de congelación más lenta, entre las que se someterá el producto, que conserve adecuadamente durante un período de seis meses, las propiedades físico-químicas y sensoriales del producto.

En cada una de las velocidades de congelación se utilizará como producto a conservar la mora en fresco, y la mora pretratada en solución azucarada al 60% (P/V) y con ácido ascórbico en solución al 1% (P/V). Posteriormente se almacenará el producto a -18°C durante 6 meses. En la última etapa se evaluará la velocidad de congelación seleccionada a escala industrial.

En el desarrollo de la etapa inicial se clasificó la fruta de acuerdo al estado de madurez, tomando el grado 5 según la tabla de color de la Norma Técnica Colombiana NTC 4106. Seguidamente, en la segunda etapa, se han corrido solamente 4 velocidades de congelación como sigue: 0,1°C/min, 0,2°C/min, 0,4°C/min y 0,6°C/min, observándose en los resultados que a mayor velocidad, la temperatura de congelación es más baja, y a velocidades más lentas, la temperatura es más alta. Se concluye así que, hasta el momento, la temperatura final de congelación del producto en estudio depende de la velocidad de congelación.

Influencia de la Altitud en la Calidad de la Bebida de Café. IND 04 20. Hasta el momento, en el país se ha cultivado el café bajo unas condiciones de clima, suelo y relieve determinados por la tradición, el cual ha influido notablemente en la calidad del grano y por ende tienen gran responsabilidad en el buen nombre del café colombiano en el mundo entero. En la feria de cafés especiales de Denver en 1998, se observó cafés de muy buena calidad cultivados a bajas altitudes, lo que generó curiosidad entre los observadores debido a las condiciones de cultivo que se manejaban hasta entonces. El estudio de la influencia de la altitud en la calidad de la bebida de café es de suma importancia, porque

además de caracterizar de manera más detallada el café colombiano y permitiría identificar zonas donde se pudiesen desarrollar cultivos de cafés especiales de procedencia.

Para el desarrollo de esta investigación se requiere de un trabajo netamente experimental que tenga como premisa la independencia de la altitud de cultivo. Para lograrlo se hará uso de los denominados "ecotopos cafeteros", además se ajustarán una serie de variables que puedan interferir en la calidad del café tostado y molido según por la altitud de cultivo (variedad, densidad de cultivo, edad) y se aplicarán los mejores procedimientos a cada una de las muestras (beneficio, almacenamiento, torrefacción y molienda).

Se plantea como ensayo principal el análisis sensorial que realizará el panel de catación de Cenicafe, además se plantean una serie de pruebas complementarias a ésta como lo son: el pH, la acidez titulable, °Brix, % de sólidos solubles y rendimiento de extracción todas éstas para el extracto; hinchamiento aparente del café tostado, densidad aparente del café (verde, tostado, tostado y molido) y parámetros granulométricos para el café tostado y molido.

La primera parte de la investigación se centró en la elección del ecotopo cafetero más adecuado para el desarrollo de la misma, se contó como referencia el estudio de los ecotopos cafeteros de Colombia, además de la base de datos del Sistema de Información Cafetero. Se eligió entonces el ecotopo 206B del cual se tomó el municipio del Fresno en el departamento del Tolima por contar éste con las características definidas con anterioridad en la propuesta. Las fincas y los lotes se seleccionaron con la ase-

oría del servicio de extensión de la seccional del Fresno, previa autorización de la Dirección Técnica del Comité del Tolima.

Correlación entre las propiedades físicas, químicas y organolépticas del café en diferentes procesos y grados de torrefacción. IND 01 02 Siguiendo la línea de investigación IND0100 correspondiente a análisis químico, correlaciones y calidad de café y sus derivados, se vio la importancia de realizar una herramienta de buenas prácticas de manufactura (GMP) que relacione las principales características fisicoquímicas del café torrefactado por los métodos de tostación y enfriamiento utilizados en Colombia, tostación de lecho fluido y cilindro rotatorio.

Con el fin de elaborar esta carta se ha presentado ante el comité de coordinación de investigaciones el proyecto "Correlación entre las propiedades físicas, químicas y organolépticas del café en diferentes procesos y grados de torrefacción". Para lo cual se ha hecho una revisión bibliográfica y ensayos preliminares que incluyen tostación de café en varios grados medidos según pérdidas de peso del 14, 17 y 21 % en cilindro rotatorio enfriados con aire. A este café tostado se le realizaron extracciones en cafetera de goteo y máquina expreso, haciendo luego análisis de sólidos solubles, pH y acidez titulable; encontrando que el aumento de pH y sólidos solubles está asociado con el aumento de la tostación. Es de recalcar también la diferencia hallada en los sólidos solubles obtenidos de la preparación en máquina expreso y cafetera de goteo, viéndose valores muchos mas altos en la primera preparación lo cual corrobora la necesidad de elaborar lo anteriormente propuesto con el análisis sensorial de los mismos.

estados de conservación de los alimentos en la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

Completación Rápida (IQF) de la papa. Para evitar pérdidas posteriores se crea la necesidad de desarrollar y aplicar la tecnología de la Completación Rápida (IQF) a nivel experimental y a escala como uno de los métodos de conservación más eficientes, dada la condición de producto altamente perecedero.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

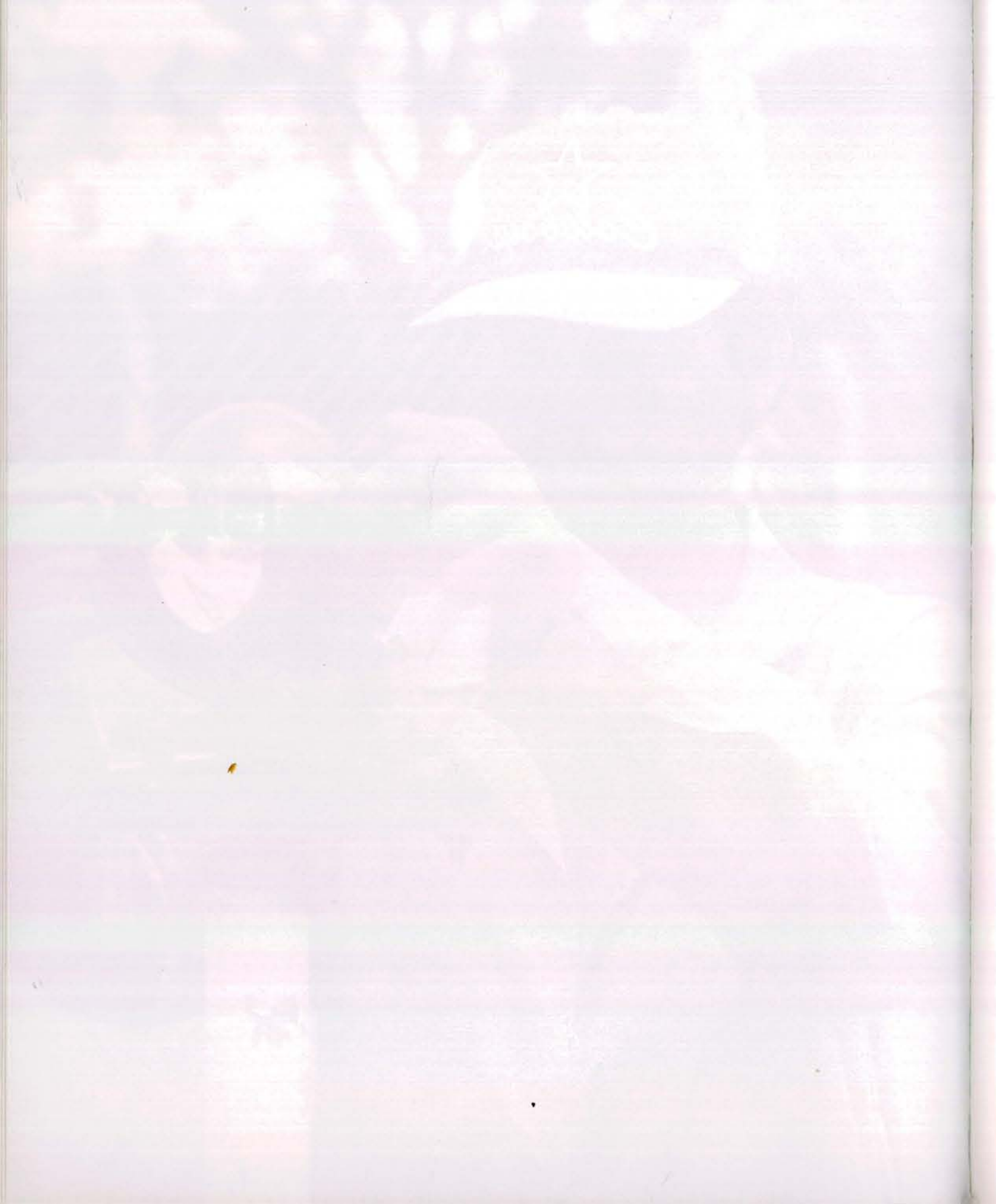
El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

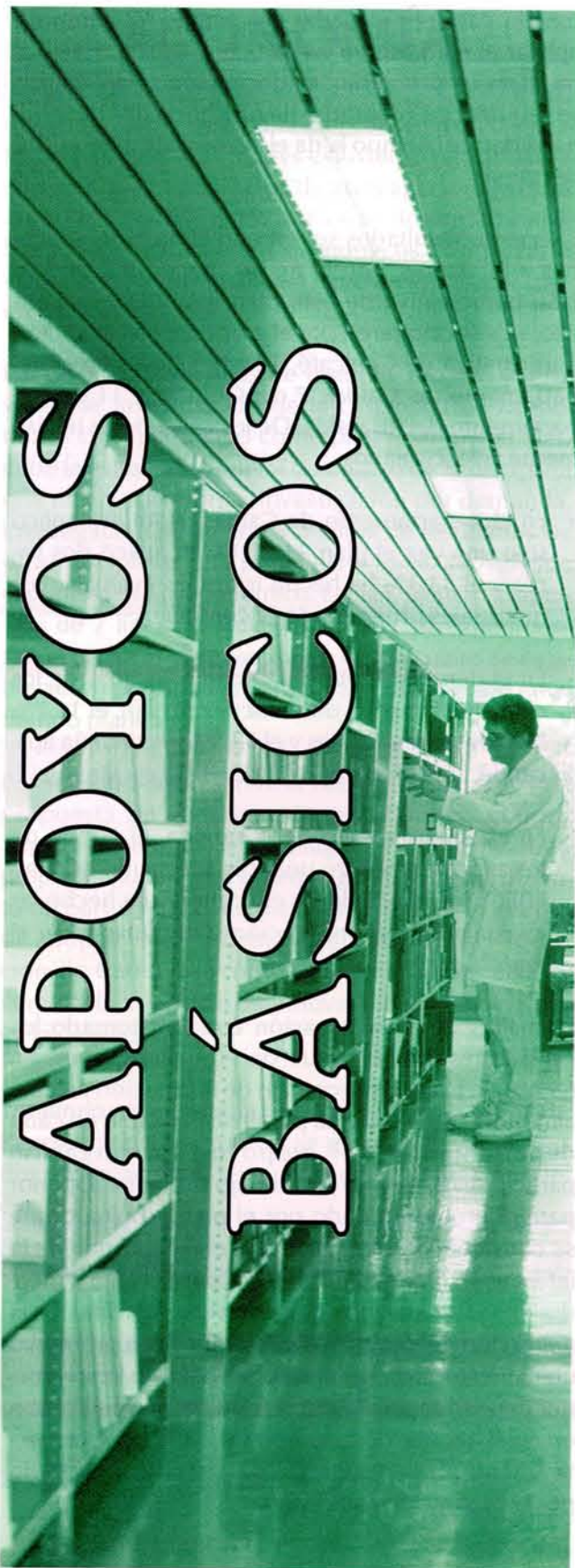
El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.

El estudio se realizó en un sector de la zona del sector de estudio de la región del Cauca, provincia de Cauca, en la ciudad de Popayán, Colombia, en el mes de febrero del 2008.



APOYOS BÁSICOS



BIOMETRÍA

La disciplina de Biometría, además de su función básica en las asesorías de las investigaciones que se adelantan en Cenicafé, en las investigaciones que tiene bajo su responsabilidad, obtuvo los siguientes resultados:

Estudio de tiempos y movimientos en la cosecha manual del café.

Los resultados finales del experimento BIO0801 mostraron que los recolectores se desplazan, entre los estratos del árbol, siguiendo una secuencia común. Igualmente se identificaron 12 formas distintas de desplazamiento en las ramas, las cuales se clasificaron según el número de cambios de dirección durante el movimiento.

La dinámica de las manos de los recolectores, responde a un grupo de movimientos que se repiten una y otra vez dentro del proceso de arranque de las cerezas, denominado ciclo básico de recolección. Este ciclo está compuesto por los *therbligs* (o microtarefas de las manos): Transportar vacío y Buscar (TvB), Sostener (So), Arrancar (Ar), Transportar a la palma de la mano (TrPal), Volver a los frutos (Vo) y Transportar con carga y dejar carga (TcDc). Adicionalmente se identificaron los *Therbligs* Recibir (Re), Dejar carga (Dc) y Observar-seleccionar (Obs-Selec), pero su frecuencia en los ciclos básicos de recolección resultó ser muy baja (Figura 1).

Con la información de los indicadores de la actividad, se establecieron los movimientos más deseables, con los cuales se propuso un método mejorado de recolección. Los resultados de la evaluación preliminar del método mejorado mostraron que las **pérdidas** de los frutos en la recolección (Porcentaje de frutos dejados en el suelo), se disminuyeron, en promedio, en un 36%; la **calidad** (Porcentaje de frutos maduros en la masa cosechada), mejoró en un 1,6%, la **eficacia** (Porcentaje de frutos maduros desprendidos), aumentó en un 0,6% y el **tiempo** invertido para cosechar cada árbol disminuyó entre 15 y 36,8% (respecto al método tradicional). Las pruebas fisiológicas practicadas a los recolectores durante la evaluación preliminar, mostraron que ninguno de ellos registró un ritmo cardíaco cercano al CM_{85} , ni se observaron síntomas de hiper o hipoter-

mia, es decir, que no se presentaron casos de sobre-esfuerzo o fatiga. Finalmente, se pudo establecer que existen 4 variables antropométricas relacionadas positivamente con el rendimiento operativo por árbol y otras 4 se relacionan negativamente con el tiempo de recolección por árbol.

Evaluación de un plan de muestreo para el diagnóstico de la infestación por broca. BIO 0305.

Una vez realizada la evaluación estadística del plan de muestreo EBEL, se ajustó en la estimación de los parámetros: proporción de árboles infestados, infestación del lote e infestación en café almendra, de acuerdo con la calificación visual de la cantidad de ramas con frutos perforados por broca, con información tomada en las subestaciones de Paraguaicito y la Catalina. Los intervalos de confianza para la estimación de los parámetros infestación del lote y en café almendra, se construyeron con un nivel del 5%. Los resultados mostraron que para obtener un porcentaje de café almendra perforado por broca, menor del 5%, se puede tener en el campo cualquiera de las siguientes opciones:

Hasta el 40% de los árboles infestados con muy pocas ramas con frutos perforados.

Hasta el 20% de los árboles con broca y aproximadamente menos del 50% de las ramas con frutos perforados por broca.

Hasta el 10% de los árboles con broca y la proporción de ramas con frutos perforados por broca, mayor del 50%, calificando visualmente, como muchas ramas con frutos perforados por broca.

Además, se observó que la mínima y máxima diferencia absoluta, de la infestación en café almendra observada con respecto a la dada por el diagnóstico aplicando el plan EBEL, fue del 1,1 y el 8,2%, respectivamente, para un valor medio del 3,9% de café almendra perforado por broca.

El tiempo invertido para la aplicación del método EBEL, fue, en promedio, de 1,16 horas, con un límite inferior y superior para su estimación, al nivel del 5%, de 0,83 y 1,5 horas, respectivamente. Este resultado corrobora lo establecido en la evaluación estadística del plan de muestreo EBEL, donde el in-

tervalo para el promedio del tiempo invertido en aplicar el plan estuvo entre 0,29 y 2,07 y 1,16 horas, para el promedio, es decir, para su aplicación se requiere en promedio de una hora, donde la variabilidad del tiempo la da el número de plantas por hectárea.

Con estos resultados se entregó el método a algunos agricultores, con el fin de hacer una evaluación participativa de este plan de muestreo. Para ello, se seleccionaron por el grupo de investigación participativa de Cenicafé, 12 caficultores en el departamento de Caldas, 7 del Quindío y 11 del departamento del Risaralda. De los caficultores inicialmente seleccionados:

- En el departamento de Caldas, el 44,4% aplicó sólo una vez el plan, el 11,1% lo aplicó dos veces y el 33,3% ha hecho todas las evaluaciones mensuales programadas y continúan.
- En el departamento del Quindío, el 50% de los caficultores aplicó una sola vez el plan, el 16,7% hizo tres evaluaciones y el 33,3% lo continúa aplicando.
- En el departamento del Risaralda, el 12,5% de los agricultores, hizo una sola aplicación del plan EBEL y el 87,5% de los caficultores ha hecho las evaluaciones de infestación programadas en el lote.

El análisis de la información que han tomado los caficultores, muestra que de 70 evaluaciones, en 69,4% de ellas, el porcentaje de infestación en café almendra (determinada por el responsable de cada departamento, del grupo de investigación participativa), estuvo por debajo del límite superior para el promedio dado por el plan, resultado que se considera bueno, dado que el diagnóstico de la infestación, por el plan EBEL, es para el café almendra de la semana pico de la cosecha principal. En la aplicación del plan (77 evaluaciones), en promedio un caficultor invierte dos horas, para un límite inferior y superior para la estimación del promedio, con un nivel del 5%, de 1,68 horas y 2,33 horas, respectivamente. Este resultado concuerda con el dado por la evaluación estadística.

ECONOMÍA

Al reactivarse la Disciplina de Economía en Cenicafé, las primeras actividades estuvieron relacionadas con asesorías a proyectos de investigación de otras áreas de Cenicafé, pero que en su desarrollo y análisis se incluyen aspectos económicos. Al finalizar la vigencia hubo un total de 17 proyectos asesorados en dichos aspectos.

Paralelo a las asesorías, se diseñó y redactó el Proyecto de Investigación de la Disciplina de Economía el cual, planteado como plan quinquenal, describe la estrategia general de trabajo de la disciplina que incluye: asesorías, investigación por demanda, investigación por oferta y análisis de resultados de otras disciplinas que puedan ser analizados desde el punto de vista económico. El plan, planteó la apertura de 7 líneas de investigación y 16 experimentos, estudios u observaciones, de los cuales se establecieron prioridades para ser llevados a cabo en el tiempo planeado.

Por solicitud de la Gerencia Técnica, se escribió una propuesta de investigación participativa, con un amplio contenido de investigación en fincas. Esta propuesta tuvo como objetivo generar un documento de partida para análisis y discusión, en el evento de adoptar este esquema en el futuro en la Federación de Cafeteros, como una herramienta que favorezca la adopción de innovaciones tecnológicas en la caficultura.

Teniendo en cuenta la importancia de la labor de Recolección en el cultivo, se propuso llevar a cabo dos observaciones, las cuales se encuentran en ejecución:

1. ECO 0701: Estudio sobre la mano de obra en la cosecha de café en Palestina, Caldas. La cual se está llevando a cabo en la actualidad y cuenta con el respaldo financiero y operativo del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.
2. ECO 0702: Estimación de la función de recolección de café. Esta observación se está ejecutando y tiene como propósito calcular la función

de recolección y de allí derivar la función de ingreso del recolector.

Por solicitud del Programa de Reestructuración de Zonas Cafeteras, se elaboraron dos modelos de simulación de costos variables de producción de café, los cuales incorporaron la tecnología generada por el centro. El primero, planteó una finca de 5 lotes de 1 hectárea cada una y sembrando 5000 sitios por hectárea y una planta por sitio; en la etapa subsiguiente, se planteó la renovación por zoca de este lote para dejar dos chupones por planta y un total de 10.000 tallos productivos por hectárea. El segundo, analizó la siembra desde el almácigo, de dos plantas por sitio y para 5.000 sitios por hectárea, lo cual conduce a obtener 10.000 plantas por hectárea, con el costo de instalación correspondiente a 5.000; para el siguiente ciclo, se asumió la renovación por zoca, dejando un chupón por planta y de esta manera conservando las 10.000 plantas por hectárea.

Finalmente, y como un acercamiento metodológico, se analizó económicamente la respuesta del café a la fertilización, haciendo uso de las herramientas que ofrece la economía de la producción. Para ello se tomaron funciones de respuesta obtenidas en el Experimento C-6, concretamente la respuesta al Nitrógeno en Paraguaicito y la respuesta al Nitrógeno y Potasio en la Hacienda Mesitas. Las conclusiones más relevantes del análisis fueron:

1. Las respuestas en producción en los dos casos estudiados, presentaron rendimientos decrecientes, tal como lo muestra el signo negativo de los coeficientes de las variables cuadráticas. Esto concuerda con los procesos biológicos conocidos y los supuestos del modelo.
2. El modelo de respuesta al Nitrógeno, permitió establecer que los óptimos físicos y económicos coincidieron para este caso. Situación no común en los análisis de óptimos económicos, pero que en café, debido a que la razón entre el precio del insumo y el precio del café es tan pequeña y mucho menor que la unidad, los óptimos coinciden. Caso contrario ocurriría si el precio del insumo fuera mayor que el del producto (como en el Maíz, por ejemplo).

3. Se comprobó que la elasticidad de la producción del café a las aplicaciones de Nitrógeno se torna negativa por encima de 231kg de N por hectárea/año. Dosis mayores conducirían al agricultor a entrar en una etapa de producción irracional desde el punto de vista económico.
4. Se demostró también que óptimo económico, se alcanza cuando el costo marginal del factor es igual al valor del producto marginal. Situación que se logra a los 231kg de Nitrógeno por hectárea/año.
5. El modelo de respuesta al Nitrógeno y al Potasio, permitió conocer que los óptimos físicos y económicos también coincidieron para este caso; debido a que la razón entre el precio del insumo y el precio del café es tan pequeña y mucho menor que la unidad, los óptimos coinciden.
6. Utilizando la técnica de las isocuantas, se demostró cómo el agricultor puede ser eficiente produciendo café, asignando adecuadamente sus recursos en el caso del capital disponible limitado.

Estimación de la función de pérdida por el daño causado por la broca *Hypothenemus hampei* en el cultivo del café. CO-0101. La investigación pretende determinar indicadores como el nivel de daño económico y el umbral de daño económico a partir de la función de pérdida, los cuales permitirán mejorar la toma de decisiones en el manejo de la broca. Para alcanzar los objetivos se plantearon tres experimentos. El primero de ellos para establecer el número de brocas requeridas para alcanzar un nivel de infestación deseado a 50 granos de café, el cual será necesario para los otros dos experimentos. El segundo permitirá determinar las pérdidas por frutos caídos a diferentes porcentajes de infestación, en granos menores de 90 días los cuales al ser atacados por el insecto caen del árbol. Y el tercero, determinará las pérdidas por conversión y por calidad a partir de diferentes porcentajes de infestación.

En la Tabla 22, Figura 12, se observan los promedio obtenidos para cada tratamiento y en cada tiempo de medición para el primer experimento.

En la Tabla 23 se observa el análisis estadístico para cada uno de los tiempos de evaluación de la infestación.

Tabla 22. Porcentaje promedio de infestación en mangas entomológicas entre tiempos de medición.

Tratamiento brocas	6 HORAS			24 HORAS			30 HORAS		
	FB	TF	%Infestación	FB	TF	%Infestación	FB	TF	%Infestación
0 0	0	50	0,00	0	50	0,00	0	50	0,00
1 5	1	50	2,00	2	50	4,00	3	50	6,00
2 10	2	50	4,00	3	50	6,00	5	50	10,00
3 20	7	50	14,00	2	50	4,00	9	50	18,00
4 40	7	50	14,00	9	50	18,00	18	50	36,00
5 60	9	50	18,00	9	50	18,00	18	50	36,00
6 80	8	50	16,00	15	50	30,00	26	50	52,00
7 100	14	50	28,00	15	50	30,00	30	50	60,00
8 120	9	50	18,00	25	50	50,00	33	50	66,00
9 140	20	50	40,00	22	50	44,00	38	50	76,00
10 160	20	50	40,00	32	50	64,00	42	50	84,00
11 180	30	50	60,00	33	50	66,00	49	50	98,00
12 200	33	50	66,00	44	50	88,00	50	50	100,00

FB = Frutos brocados TF = Total frutos.

Tabla 23. Análisis estadístico de los tiempos de evaluación de infestación de la broca del café.

Tiempo	R ²	R ² - ajustado	C.V.	Root MSE	F value
6 horas	0,8593	0,8436	28,67724	8,23610	54,957
24 horas	0,9546	0,9495	16,83314	6,22566	189,067
30 horas	0,9774	0,9749	8,94917	5,03049	388,989

El modelo a las 30 horas presenta el mayor coeficiente de correlación, el menor coeficiente de variación, así como el menor error. Por tanto, es el modelo seleccionado para la realización de los experimentos 2 y 3.

El modelo a las 30 horas de infestación (Figura 13) fue el siguiente:

$$\text{Inf}_{30h} = 0,71715 \text{ brocas} - 0,001101 \text{ brocas}^2$$

$$R^2 = 0,9961$$

$$R^2 \text{ ajustado} = 0,9954$$

$$CV = 8,19176$$

Siendo:

inf_{30h}: el porcentaje de infestación a las 30 horas.
 brocas: el número de brocas necesarias para alcanzar un porcentaje de infestación.

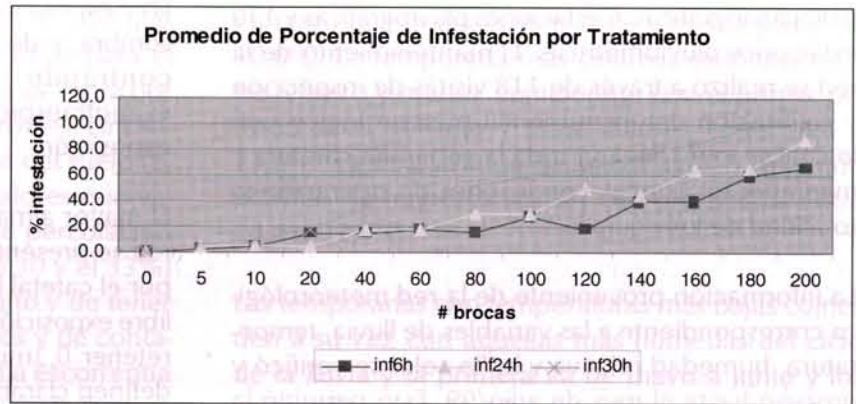


Figura 12. Promedio de porcentajes de infestación por tratamiento.

Los experimentos 2 y 3 se instalaron en la Subestación Experimental La Catalina, en un lote de café de la variedad Colombia, en árboles de 4 años de edad, dos plantas por sitio; requiere ser reinfestado, debido a que luego de la primera infestación se presetaron ataques de hongos entomopatógenos los cuales estaban establecidos previa y naturalmente, causando mortalidad sobre las brocas. Hecho que no favoreció la evaluación que se deseaba realizar.

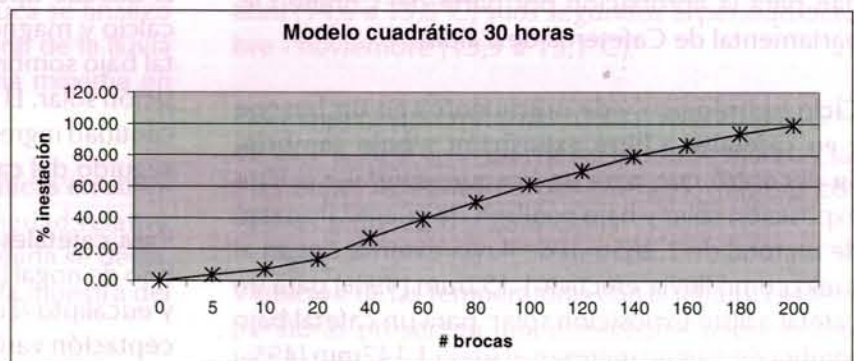


Figura 13. Modelo cuadrático a las 30 horas.

AGROCLIMATOLOGÍA

Red Climática de FEDERACAFÉ. Durante esta vigencia estuvieron en funcionamiento 202 estaciones pertenecientes al Servicio Meteorológico de FEDERACAFÉ, las cuales se agruparon así: 57 estaciones climatológicas principales, 9 estaciones heliopluiográficas, 6 estaciones pluviográficas y 130 estaciones pluviométricas. El mantenimiento de la red se realizó a través de 118 visitas de inspección y calibración del instrumental meteorológico con lo cual se logró llegar a toda la geografía cafetera y mantener en buenas condiciones de operación la totalidad de los equipos.

La información proveniente de la red meteorológica correspondiente a las variables de lluvia, temperatura, humedad relativa y brillo solar se verificó y procesó hasta el mes de julio/99. Esto permitió la edición del Anuario Meteorológico Cafetero de 1998.

Se continuó con el programa de mejoramiento del cubrimiento de la red meteorológica del departamento de Caldas con el apoyo de la División Técnica del Comité Departamental de Cafeteros y con este propósito se instalaron 11 pluviómetros así: en las fincas Piamonte (Neira), El Brisal (Manzanares), La Gaviota (Salamina), Las Delicias (Pácora), San José y Salineros (Aguadas), Mediacuesta y Santafé (Anserma), La Perla (Belalcázar), La Esmeralda (Viterbo) y San José (Villamaría).

Se seleccionaron dos sitios en los municipios de Salamina y Risaralda para la instalación de dos estaciones climáticas de primer orden, los cuales quedan para la aprobación por parte del Comité Departamental de Cafeteros de Caldas.

Ciclo hidrológico y de nutrimentos en un bosque y en cafetales a libre exposición y bajo sombrío.

Se encontró que para un bosque, cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío de guamo (*Inga sp*) de un total de 2.265mm de lluvia externa, llegan al suelo como lluvia efectiva 1.152mm (49%) para un cafetal a libre exposición solar; para un cafetal bajo sombra de guamo ingresan al suelo 1.147mm (49%) y para un bosque se registró un valor de 1.105 mm

(47%). La cantidad en porcentaje de la lluvia que se pierde por escorrentía fue muy baja en los tres ecosistemas: en el cafetal a libre exposición 125mm (5%), café bajo sombra 119mm, y bosque 124mm (5%).

Se observó que las pérdidas por evapotranspiración fueron del orden de 1.043mm (45%) para el café a libre exposición, 1.055mm (44%) para el cafetal bajo sombra, y de 1.004mm (42%) para el bosque, encontrando que la pérdida de agua por evapotranspiración es mayor en un cafetal a libre exposición.

El mayor almacenamiento de lluvia en la parte aérea se presenta en el bosque con 2,2mm, seguido por el cafetal bajo sombrío con 1,7mm. El cafetal a libre exposición solamente tiene una capacidad para retener 0,3mm. Estos valores de almacenamiento definen claramente el efecto de la cobertura en el ciclo del agua dentro de los ecosistemas. Se observó que el bosque y el cafetal bajo sombra retienen un 57% de la lluvia que incide en la parte externa; el cafetal a libre exposición retiene un 45% esto es, un 12% menos. La lluvia que ingresa al suelo varía entre el 54% en el cafetal a libre exposición y 42% en el cafetal con sombrío.

Las cantidades anuales en kg/ha de nutrimentos que ingresan por el agua del lavado foliar a los tres ecosistemas en Cenicafé, son las siguientes: en el bosque las cantidades de potasio, calcio y magnesio fueron de 3,3kg/ha año, 2,6 y 0,8 respectivamente, para el cafetal bajo sombrío de guamo de 2,7 (K), 1,4 (Ca) y 0,4 (Mg) y para el cafetal a libre exposición 2,1 (K), 1,5 (Ca) y 0,5 (Mg).

El bosque aporta mayores cantidades de potasio, calcio y magnesio cuando se compara con el cafetal bajo sombrío de guamo y el cafetal a libre exposición solar. El potasio es el elemento que en mayor cantidad ingresa al suelo en el agua de lavado foliar, seguido del calcio y el magnesio.

Para cafetales a libre exposición solar y bajo sombrío de nogal (*Cordia alliodora*), pino (*Pinus oocarpa*) y eucalipto (*Eucalyptus grandis*), los niveles de interceptación varían entre el 56 y el 60%, con un valor medio del 58%. Si se comparan estos valores con

otros registrados en la literatura (20-30%) son altos. Se debe considerar que los árboles de café cubren totalmente la superficie del suelo y en el caso de los cafetales bajo sombrero son dos los estratos de árboles a tener en cuenta; consideraciones que darían una explicación a la alta proporción de la lluvia interceptada.

Los altos niveles de interceptación deben tenerse en cuenta en regiones de baja lluvia. Es posible que un sombrero denso podría ser competitivo para el cultivo del café, al restringir la entrada de agua por la alta retención en las copas de los árboles. La cantidad de agua que llega a la superficie del suelo registró un valor medio del 42% con valores que varían entre el 39 y 44%. Los niveles de percolación son del orden del 32% (varió entre el 30 y el 33%) del total de la lluvia, siendo un valor alto y de tener en cuenta, en el lavado de nutrientes y de contaminantes a través del perfil del suelo. La escorrentía solamente representa el 7 % del total de la lluvia.

Los contenidos de potasio, calcio y magnesio en el agua de lavado foliar son especialmente altos en el cafetal bajo sombrero de Nogal, cuando se compara con las coberturas de cafetales bajo sombrero de eucalipto, pino y cafetal a libre exposición solar. Las cantidades en kg/ha de elementos que se mueven en el agua de escorrentía son bajas, debido a que este componente solo representa el 5 al 7% de la lluvia total.

Ecotopos cafeteros de la cuenca del río Cauca. Para los ecotopos 108B (Apía, Santuario, La Celia, Balboa, El Águila, Ansermanuevo), 109B (Toro, La Unión, Roldanillo, Bolívar), 110B (Trujillo, Río Frío) y 111B (Yotoco, Vijes, Yumbo, Cali) situados en la vertiente oriental de la cordillera occidental en los departamentos de Risaralda y Valle del Cauca se analizó el comportamiento espacial y temporal de la lluvia anual y mensual, días con lluvia, lluvia máxima en 24 horas y lluvia diurna y nocturna.

Se estudiaron las características climáticas en cuanto a temperaturas, brillo solar y humedad relativa de los ecotopos 206A a 214A y enseguida se destacan algunos resultados hallados para la muestra del ecotopo 206A.

Este ecotopo está localizado entre 1200 y 1800m de altitud en los departamentos de Caldas y Risaralda en los municipios de Palestina, Marsella y en parte de los de Manizales, Chinchiná, Santa Rosa de Cabal, Dosquebradas y Pereira.

La temperatura media anual en el ecotopo fluctúa aproximadamente entre 18,0 y 23,0°C. La diferencia estacional es pequeña y está alrededor de 1,0°C en tanto que la diaria es grande y puede pasar de 10,0°C. La temporada más calurosa se localiza entre febrero y marzo, coincidente con el primer período seco del año y tiene valores entre 18,6 y 23,3°C. La otra se sitúa de julio a agosto (segundo período de menores lluvias) con promedios entre 18,4 y 22,9°C.

Las temporadas con temperaturas más bajas coinciden a su vez con aquellas más húmedas del ciclo de la lluvia y la primera va de mayo a junio y los valores fluctúan de 17,8 a 22,8°C y la segunda se extiende de octubre a noviembre con promedios de 17,2 y 22,2°C.

Durante algunos Eventos Cálidos del Pacífico ("El Niño") el régimen térmico tiende a estar por encima de los valores normales entre 0,5 y 1,5°C, mientras que en los Eventos Fríos del Pacífico ("La Niña") ocurren lo contrario y quedan por debajo de 0,5 a 1,0°C. Como en el caso de la temperatura media, las temperaturas mínima y máxima medias tienen poca variación a través del año con diferencias que van de 1,0 a 1,5°C, respectivamente. Hacia la parte baja del ecotopo, la temperatura mínima media presenta sus mayores valores en el intervalo abril - mayo (cerca de 18,0°C) y los menores en julio - agosto (17,1 a 17,4°C). En la parte restante del ecotopo se observa que las primeras se desplazan a marzo - abril (14,6 a 15,8°C) y los segundos al período octubre - noviembre (13,9 a 15,1°C).

Las temperaturas máximas medias más altas oscilan de 23,7 a 30,0°C en los meses febrero - marzo y las más bajas se sitúan de octubre a noviembre con valores entre 22,0 y 28,4°C.

Variación de las temperaturas con la altitud. Las temperaturas presentan una estrecha relación inversa con la elevación con coeficientes de correlación

altamente significativos y variaciones explicadas de cerca del 95%. De acuerdo con ellas la temperatura media disminuye con la altitud a una tasa de $0,6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$, la temperatura mínima media a razón de $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ y la temperatura máxima media en proporción de $0,8^{\circ}\text{C}/100\text{m}$

Número de horas de brillo solar. El brillo solar total medio anual varía entre 1493 y 2050 horas que equivalen de 34 a 47% del máximo astronómicamente posible. La mayor recepción de sol se produce a principios y mediados (enero - marzo; julio - agosto) del año y los totales fluctúan entre 128 a 202 horas por mes. Por el contrario el menor brillo solar se registra en las temporadas lluviosas (abril - mayo; octubre - noviembre) y las cantidades son de a 160 horas.

Humedad relativa media. El promedio anual de humedad relativa oscila en el ecotopo entre 74 y 84% y la diferencia intranual es ligera, está alrededor de solo 5%. Sin embargo en el ámbito diario la variación es grande ya que durante el día la humedad puede alcanzar valores tan bajos como 40% y en la noche llegar a la saturación (95%). La mayor humedad relativa se sitúa en los períodos abril- mayo y octubre - noviembre con variaciones entre 75 y 87% y la menor en enero - marzo y julio - agosto cuando alcanza de 71 a 83%.

DOCUMENTACIÓN

La información cafetera y su tratamiento bibliográfico, es su primordial objetivo; con base en este fin, se registraron en computador utilizando el programa ISIS de la Unesco, 1.435 referencias de documentos sobre el tema Café o asuntos relacionados. De esta forma, la base de datos CENIC, que incluye estos registros con sus respectivos resúmenes, llegó a las 22.799 referencias de documentos.

La base de datos AGROS, registrada también en computador, es otro objetivo importante ya que incluye el registro de los libros, folletos, series, monografías, artículos seleccionados de revistas, entre otros materiales, que posee la Biblioteca (excepto Café). Entre Octubre de 1998 y Septiembre

de 1999 se adicionaron 2.010 referencias, totalizando 45.852 registros. En este período se adquirieron y procesaron 1.931 documentos, de los cuales 420 correspondieron a libros y 1.531 a artículos de revistas y folletos, los cuales fueron debidamente catalogados y clasificados. Las referencias bibliográficas de éstos se publicaron quincenalmente en el boletín electrónico "Últimas Adquisiciones"

La base de datos FLORA fue objeto de complementación con la inclusión de 207 nuevos registros sobre la flora arvense, arbustiva y arbórea de la zona cafetera y la actualización y edición de 279 registros ya existentes en la base de datos

Las revistas son la principal fuente de consulta en un Centro de Investigación, constituyéndose en valioso material dentro de la Biblioteca; por esto, se le ha prestado un cuidado especial. En esta época se recibieron y registraron 2.245 revistas, las que incluyeron aproximadamente unos 87.660 artículos.

Se continuó con la política de canje de publicaciones entre Instituciones, como un medio para enriquecer bibliográficamente la Biblioteca. Cenicafé tiene compromisos de intercambio con 315 Instituciones de varias localidades del mundo. Así, entre 1998 y 1999 se recibieron, por canje, 677 revistas y 184 materiales entre series, folletos e informes institucionales.

La política de compra de libros y revistas se fundamenta en las necesidades de información de los técnicos e investigadores; por tanto, las sugerencias de adquisición parten de ellos. En este período se realizaron 382 solicitudes de libros especializados y se hizo la renovación de suscripción de 268 títulos de revistas

La divulgación de la información es el factor principal para que las publicaciones sean conocidas entre los investigadores. Con base en esto, el Centro de Documentación programó exposiciones quincenales durante el año en las que se exhibieron 120 documentos sobre café, 420 libros técnicos, 1.531 artículos y folletos y 2.723 revistas.

La afluencia de lectores a la Biblioteca es un indicador del uso y consulta de sus materiales. En esta temporada hubo 4.317 usuarios, se consultaron

38.195 documentos y se realizaron 8.814 préstamos. Así mismo, hubo un alto índice de consulta de las bases de datos en computador, lo mismo que en CD-ROM.

Los resúmenes de los documentos en el tema café, en la mayoría de los casos, vienen en idiomas distintos al Español (Inglés, Francés y Portugués) y en estos casos, deben ser traducidos. En este período se tradujeron 478 resúmenes, los cuales posteriormente fueron objeto de revisión y edición.

SISTEMAS

La Disciplina de Sistemas enfrentó el reto de brindar 'tecnología informática' para afrontar las nuevas necesidades del Centro y las nuevas exigencias del cambio de milenio, las cuales condujeron al desarrollo y ejecución del Plan Estratégico 2000 que incluyó las actividades descritas a continuación:

Implementación del Sistema de Cableado Estructurado, para obtener una red de alta velocidad: 1 Gigabit en su columna vertebral que comprende los 8 centros de cableado y FastEthernet desde cada centro de cableado hasta la toma en la pared).

- **Obra Civil.** Se requirieron, entre otros, 60m de tubería de 2", 270m de tubería de 1 1/2", 66m de tubería de 1 1/4", 663.5m de tubería de 3/4" (612.5m incrustados), 29 cajas de paso de 15x15x10c, 235 cajas de 2x4", 3 cajas de 30x30x15cm, 388 adaptadores, 78m de ducto metálico, 51m de coraza flexible 42 conectores LT.
- **Instalación de cableado.** Incluyó el tendido de 940 m de bandeja portacables, 21.2 Km de cable UTP categoría GigaSPEED, 477m de fibra óptica 3DSX de 24 hilos (externa), 195m de fibra óptica Loose Tube de 12 hilos (interna), conectorización de 336 hilos de fibra óptica, instalación, marcación e identificación de 242 faceplates (dobles), instalación de 484 wallplates, pruebas y certificación de 484 tomas de información e instalación de 10 gabinetes para cada uno de los Centros de Cableado.

- **Instalación de equipos.** Incluyó la instalación y puesta en marcha de 1 switch Accelar 1200 con 12 puertos 1000BaseSX, 12 switch BayStack 450-24T de 24 puertos autosense 10/100, 1 switch BayStack 350-12T de 12 puertos autosense 10/100 (Granja), 4 switches BayStack 450-24T de 12 puertos autosense 10/100, 8 módulos 1000BaseSX para 450, 1 módulo 100BaseSX MDA para 350 (granja).

Nuevo servidor. Durante el mes de junio se instaló el servidor Compaq Proliant 7000 y el sistema operativo IntraNetWare 4.11. A dicho servidor se trasladaron los archivos de cada usuario, los archivos de cada unidad operativa, la unidad de acceso compartido, el Sistema de Información de Cenicafé, los archivos y base de datos de consulta general y el Sistema de Tramitación de Proyectos de Investigación. También se creó la unidad Q: con un espacio de 30 GB para almacenar la información experimental de todas y cada una de las investigaciones que conforman el Plan Quinquenal del Centro, como una medida tendiente a garantizar la permanencia y confiabilidad de los datos soporte de las investigaciones.

Soporte Técnico.

- **Mantenimiento de Servidores.** Se ejecutaron labores permanentes de actualización de los Sistemas Operativos de red, aplicando los Service Packs liberados por Novell. De otro lado, se actualizó el software ArcServe 6.0 a 6.1 con el cual se realiza en backup en Cenicafé. Para ello, se hizo uso del derecho de actualización por haber adquirido el Tape Backup marca Compaq que almacena hasta 144 GB en una sola sesión.

Se realizaron labores rutinarias de creación, eliminación y sincronización de particiones y réplicas del NDS, creación y eliminación de cuentas, asignación de derechos de acceso, asignación de buzones de correo nativo (FirstMail), asignación de restricciones de acceso, seguridad y almacenamiento, mantenimiento de unidades de almacenamiento y volúmenes, mantenimiento de cuentas expiradas, definición y mantenimiento de servidores de impresión, definición y mantenimiento de impresoras, reparación y mantenimien-

to del Directorio de Servicios de Red, auditoría de la red, etc.

En este momento se mantienen 401 cuentas activas (una por usuario) de 31 unidades operativas.

- **Copias de Respaldo.** Durante este año se realizaron copias de respaldo por un número de cintas cercano a las 80, lo cual se traduce en que durante este período se respaldó aproximadamente 0.96 TB (960 gigabytes) de información de la red.

Se realizan backup de diferente alcance a niveles diario, semanal y mensual. Esta estrategia nos proporciona un entorno de operación seguro que en el extremo caso de ocurrir un imprevisto, se parta de copias de seguridad que minimicen el impacto del imprevisto. Adicionalmente, la disciplina ha emprendido un Plan de Contingencia y Recuperación de Alto Nivel para el año 2000, con el propósito de garantizar la recuperación total del Sistema ante un desastre, en el menor tiempo posible.

Atención a Usuarios.

Esta actividad que se cubre tanto en los aspectos de software y de hardware sigue demandando hoy día la mayor parte del tiempo del personal de la disciplina. Se calcula que alrededor del 40% de nuestro tiempo se dedica a tareas de soporte y asistencia personal, un 20% a la actualización e instalación de software y aproximadamente un 30% a la actualización, instalación y mantenimiento de hardware.

El siguiente gráfico describe el número de horas que han demandado las diferentes unidades operativas a través de la línea de Soporte:

Actualización de software

Durante la vigencia de este informe anual, la Disciplina de Sistemas ha actualizado un total de 466 licencias de Software descritas en las Tablas 24, 25 y 26:

Tabla 24. Software utilizado en Cenicafé

Nombre	No. Licencias	Versión
Antivirus McAfee Total Virus Defense	242	3.19 - 4.03
Microsoft Office 97	195	Standard - Profesional
SIAF	18	1.2
Otros	11	

Tabla 25. Distribución de Sistemas Operativos en Cenicafé.

MS-DOS 6.2	5
Windows 3.1	5
Windows 95a	114
Windows 95 b	68
Windows 98 (Start Herd)	57
Windows NT Server	1
Windows NT WorkStation	3
Total	253

Tabla 26. Otras actividades realizadas a los equipos de computo.

Parches W95-W98	242
Test Año 2000	252
Reinstalación	76
Inst nuevos PC	57
Total	627

Impacto del año 2000

Durante el presente año se ha trabajado en la determinación de los elementos tanto de hardware como software que tendrán problema con el año 2000.

- Al nivel de hardware, se han detectado los computadores que presentarán problemas de funcionamiento a partir del primero de enero del año 2000. Estos computadores se han ido reemplazando, y los últimos serán retirados de funcionamiento cuando lleguen los computadores adquiridos durante el presente año. Básicamente son computadores con procesador 80486 o inferior.

- Al nivel de software, se han instalado los parches liberados por las diferentes casas fabricantes. Así, se aplicó a cada computador las actualizaciones de Windows 95 o Windows NT, Office 97 y Antivirus. A los servidores, los Service Packs liberados Novell.

En lo que respecta a nuevas adquisiciones, se ha tenido la precaución de corroborar que cumplan con el cambio de fechas del año 2000 y de los primeros bisiestos

Con relación a los laboratorios, los computadores dedicados allí al control de equipos presenta en su mayoría problema del año 2000 y se han ido realizando las actualizaciones tanto a nivel de software como de hardware para que el problema quede subsanado.

DIVULGACION

Revista Cenicafé

Volumen 49, número 2

6 artículos

Volumen 49, número 3

6 artículos

Volumen 49; número 4

5 artículos, 1 nota técnica

Volumen 50, número 1

6 artículos

Volumen 50, número 2

6 artículos

Volumen 50, número 3

6 artículos

TOTAL: 36 artículos científicos

Avances técnicos

248 Feb. 1998

Utilización del mucílago del café en la alimentación de cerdos.

249 Mar. 1998

Manejo de insectos asociados a la fase vegetativa del cultivo de la macadamia en Colombia.

250 Abr. 1998

Manejo de insectos y ácaros asociados a las estructuras reproductivas de la macadamia.

251 May. 1998

Estado de la producción ganadera en la zona cafetera.

252 Jun. 1998

Incidencia de macana debido a la poda de ramas bajas en árboles de café.

253 Jul. 1998

El Becolsub 300.

254 Agto. 1998

Establecimiento de un sistema de manejo de cafetales.

255 Sept. 1998

Doce maneras de mejorar los ingresos en las fincas cafeteras.

256 Oct. 1998

Control de cárcavas remontantes en zonas de ladera mediante tratamientos biológicos.

257 Nov. 1998

Características físicas de los suelos del departamento de Risaralda, relacionadas con el uso, manejo y su conservación.

258 Dic. 1998

Producción de plátano Dominico Hartón (*Musa* sp. Grupo AAB) según el material de siembra.

259 Ene. 1999

El manejo integrado de arvenses en cafetales aumenta los ingresos y evita la erosión.

260 Feb. 1999

¿Cómo se distribuye anualmente la cosecha de las variedades Caturra y Colombia?

261 Mar. 1999

El Becolsub 100: beneficio ecológico para pequeños productores.

TOTAL: 14 números de la publicación seriada avances técnicos

Anuario meteorológico cafetero

Se publicó el anuario correspondiente al año 1998.

Boletines técnicos

No. 18 - 1999 Encuesta diagnóstico multifactorial sobre plátano en la zona cafetera central de Colombia.

No. 19 - 1999 Recomendaciones para el manejo de la roya del cafeto en Colombia.

No. 20 - 1999 Tratamiento de aguas residuales del lavado del café.

TOTAL: 3 Boletines Técnicos.

Manuales y libros

Libro: Manejo integrado de la broca del café *Hypothenemus hampei* (Ferrari) en Colombia.

Otros impresos (Plegables, afiches y volantes)

- Afiche: Conozca las arvenses nobles
- Afiche sobre sanidad vegetal para la Gerencia Técnica de Federación
- Diseño de la carátula para las memorias del Congreso de Ascolfi.

Otras publicaciones (Asesorías a otras dependencias de la federación)

Informes:

- Informe de la Gerencia General de la Federación al LVII Congreso Cafetero
- Informe anual de la Gerencia Técnica de la Federación de Cafeteros.
- Informe anual de actividades de Cenicafé.

Libros

El cultivo de la mora.

Además se reeditó y reimprimió el Boletín Institucional de Cenicafé.

Videos

- Cenicafé 60 años - 1998
- Cenicafé al servicio de los caficultores colombianos desde 1938 - 1999.

Ayudas visuales

- Informe Cenicafé ante el precongreso y congreso cafetero. 1998.
- El nuevo servicio de extensión. Gerencia Técnica. Congreso Cafetero 1998.
- Coffee Growing Technology. Revent Advances in sustainability. Florida, Feb. 25 al 28. 1999.
- Manejo de problemas fitosanitarios en la caficultura. Costa Rica, Abril 6 al 9. 1999.
- SCCA 11th Annual Conference & exhibition. Philadelphia. Abr. 30 - May. 3. 1999.
- Colombian Coffee in the next decade.
- Colombian Coffee a tradition of commitment
- The role of technology in coffee production for the 21st century.
- Agroecological region in the colombian coffee production zone ecotopos.
- Formación de fitopatólogos para el nuevo milenio. Jun. 30 - jul. 2. 1999. Ascolfi.
- Comisión especial de reestructuración. Estrategia: Aumento de la productividad de los factores del programa de reestructuración. Agosto 25. 1999.
- Foro permanente. Centros de desarrollo tecnológico - sector agropecuario. Cenicafé, oct. 13. 1999. Colciencias.
- Fertilización de cafetales.
- Agroinsumos del café. Oct. 1999.

Ceninotas (Boletín interno)

Se editaron y publicaron los Cenicotas Nos. 45, 46, 47 y 48.

Coordinación con todos los estamentos del centro

- Digitalización de fotografías para el multimedia de Cenicafé.
- Digitalización de fotografías para Agroexpo, Colciencias y otro tipo de eventos o trabajos requeridos.
- Diseño y diagramación de la charla que dicta el Dr. Argemiro Moreno a los caficultores y a los extensionistas de los diferentes Comités.

- Diseño y diagramación de la charla que dictó el Departamento Administrativo al personal del Centro sobre FedERA 2000.
- Levantamiento de textos, digitalización y colaboración en la charla del Dr. Germán Valencia sobre Agroinsumos del Café.
- Campaña de concientización sobre FedERA 2000.
- Durante la celebración de los 60 años de Cenicafé, se hizo el álbum "La familia Cenicafé", con la colaboración de personal retirado de la empresa.

Atención a visitantes

Durante este período se atendieron 126 visitas con un total de 3.107 personas, de las cuales 534 eran caficultores de todo el país, 660 estudiantes universitarios, 453 extranjeros. Además, se brindó capacitación en el cultivo y beneficio del café a 291 extensionistas de todos los Comités de Cafeteros (Anexo 1).

Organización y participación en eventos (Exposiciones, congresos, etc.)

- Agroexpo/99
Santafé de Bogotá
Jul. 16 al 25/99 126 m²
"Caficultura sostenible para el nuevo milenio"
- XV Encuentro de la palabra Riosucio, Caldas
Ago.13 al 15/99 40 m²
"Caficultura sostenible"
- Expociencia/99
Santafé de Bogotá
Sept.24 a Oct.3/99 40 m²
"El beneficio ecológico del café" - Módulo Becolsub 100
- Entrega de planos del módulo Becolsub 100
Sept. 16/99 40 m² - Invitaciones - Logística Stand
- Maloka. En este periodo se formó parte del equipo de conceptualización y diseño de la sala Café Conciencia para el museo interactivo de ciencia

y tecnología MALOKA, se sustentó el proyecto ante las gerencias de Federación y se colaboró en el montaje del stand para la inauguración de Maloka. En la actualidad se participa en la conceptualización y diseño de la sala del café para la segunda etapa.

Fotografía

Durante este período se atendieron 435 solicitudes de las diferentes disciplinas, de las cuales se desprendieron los siguientes trabajos:

Revelado de diapositivas con sus correspondientes marcos	640
Contactos	500
Copias (6 x 9 hasta 15 x 21 cm)	15.764
Ampliaciones (20 x 30 hasta 70 x 100 cm)	90

Además, se colaboró con material fotográfico solicitado por varias dependencias de la Federación de Cafeteros, Comités de Cafeteros y otras entidades.

Apoyo de comunicaciones

Durante este período se continuó ofreciendo el servicio de préstamos de auditorios, proyectores de diapositivas, retroproyectores de acetatos, Lite Pro, equipo fotográfico y de video, como también la reproducción de cintas de video, y audio. El elemento más solicitado fue el Lite Pro.

Cursos y seminarios

Curso de capacitación en el cultivo y beneficio del café para extensionistas de los Comités de Cafeteros, a los cuales asistieron:

Comité	Total asistentes
Caldas	80
Cesar y Guajira	45
Cundinamarca	10
Magdalena	45
Meta, Caquetá y Casanare	18
Risaralda	122
Tolima	30

TOTAL 350

Distribución de publicaciones

Avance Técnico	
Tipo de suscriptor	Ejemplares
Comité Nacional de Cafeteros, empleados Federacafé en Bogotá	161
Miembros Comités Departamentales de Cafeteros	168
Miembros Comités Municipales de Cafeteros	4238
Directores Ejecutivos de los Comités Deptales. de Cafeteros	15
Servicio de Extensión de Federacafé	1552
Cooperativas y periódicos Cafeteros	76
Subestaciones Experimentales de Cenicafe	900
Empleados de Cenicafe (investigadores, estudiantes, servicios profesionales, auxiliares de investigación)	334
Ministerios, Contralorías, Fundación Manuel Mejía, Fábrica de Café Liofilizado, Almacafé, Centro de Preparación de Café, etc	470
Universidades, institutos de educación, colegios agropecuarios, bibliotecas y docentes.	282
ICA, CORPOICA, Instituciones de investigación, agroindustrias, organizaciones agropecuarias, empresas productoras y comercializadoras de insumos agrícolas	510
Unidades Municipales de Asistencia Técnica - UMATA	1846
Cafeteros, asistentes técnicos particulares, profesionales de áreas agropecuarias.	1299
Medios de comunicación (prensa y radio)	42
Total	11893

Otras publicaciones

Revista Cenicafe	
Tipo de suscriptor	Ejemplares
Comité Nacional de Cafeteros, empleados Federacafé en Bogotá	89
Miembros Comités Departamentales de Cafeteros	179
Directores Ejecutivos de los Comités Deptales. de Cafeteros	15
Servicio de Extensión de Federacafé	864
Cooperativas y periódicos Cafeteros	26
Subestaciones Experimentales de Cenicafe	180
Empleados de Cenicafe (investigadores, estudiantes, servicios profesionales, auxiliares de investigación)	232
Ministerios, Contraloría, Fundación Manuel Mejía, Fábrica de Café Liofilizado, Almacafé, Centro de Preparación de Café, etc.	62
Universidades, institutos de educación, colegios agropecuarios, docentes	251
ICA, CORPOICA, Instituciones de investigación, agroindustrias, organizaciones agropecuarias, empresas productoras y comercializadoras de insumos agrícolas	364
Cafeteros, asistentes técnicos particulares, profesionales de áreas agropecuarias	525
Medios de comunicación (prensa y radio)	33
Suscriptores en el exterior (Bibliotecas, Instituciones de investigación, universidades, organizaciones agrícolas, agroindustrias y revistas agropecuarias)	500
TOTAL	3320

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA
GERENCIA TÉCNICA

Boletín Técnico	
Tipo de suscriptor	Ejemplares
Comité Nacional de Cafeteros, empleados Federacafé en Bogotá	85
Miembros Comités Departamentales de Cafeteros	179
Directores Ejecutivos de los Comités Deptales. de Cafeteros	15
Servicio de Extensión de Federacafé	1341
Cooperativas y periódicos Cafeteros	15
Subestaciones Experimentales de Cenicafé	180
Empleados de Cenicafé (investigadores, estudiantes, servicios profesionales, auxiliares de investigación)	232
Ministerios, Contraloría, Fundación Manuel Mejía, Fábrica de Café Liofilizado, Almacafé, Centro de Preparación de Café, etc.	56
Universidades, institutos de educación, colegios agropecuarios, bibliotecas y docentes.	223
ICA, CORPOICA, Instituciones de investigación, agroindustrias, organizaciones agropecuarias, empresas productoras y comercializadoras de insumos agrícolas	281
Cafeteros, asistentes técnicos particulares, profesionales de áreas agropecuarias	268
Medios de comunicación (prensa y radio)	7
Suscriptores en el exterior (Bibliotecas, Instituciones de investigación, universidades, organizaciones agrícolas, agroindustrias y revistas agropecuarias)	160
Total	3042

Distribución de publicaciones

Revista Científica	Unidades
Ampliación	1000
Comités, Comités Departamentales	68
Investigadores, estudiantes, servicios privados	851
Ministerios, Contraloría	21
Almacalé, Centro de Preparación de Café	100
Universidades, institutos de educación, categorías agropecuarias	21
ICA, CORPOICA, Instituciones de investigación, agroindustrias, agroempresas	201
empresas productoras y comercializadoras de insumos agrícolas	18
Cafeteros, asistentes técnicos particulares, profesionales de áreas agropecuarias	505
Medios de comunicación (prensa y radio)	201
organizaciones agrícolas, agroindustrias y revistas agropecuarias	105
Total	1405

Revista Científica	Unidades
Unidad de distribución	1000
Comité Nacional de Cafeteros, empleados Federales, Almacalé	68
Miembros, Comités Departamentales de Cafeteros	851
Directores Ejecutivos de los Comités Departales de Cafeteros	21
Servicio de Extensión de Fedecafé	100
Cooperativas y periódicos Cafeteros	21
Subestaciones Experimentales de Café de	201
Trabajadores de Café de	18
Investigadores, estudiantes, servicios privados	505
Ministerios, Contraloría, Tribunal Nacional, Comités Departamentales	201
Almacalé, Centro de Preparación de Café	21
Universidades, institutos de educación, categorías agropecuarias	21
ICA, CORPOICA, Instituciones de investigación, agroindustrias, agroempresas	18
empresas productoras y comercializadoras de insumos agrícolas	505
Cafeteros, asistentes técnicos particulares, profesionales de áreas agropecuarias	201
Medios de comunicación (prensa y radio)	105
Suscriptores en el exterior, suscripciones	105
organizaciones agrícolas, agroindustrias y revistas agropecuarias	105
Total	1405

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

GERENCIA TÉCNICA

PROGRAMA DE INVESTIGACION CIENTÍFICA

Centro Nacional de Investigaciones de Café

"Pedro Uribe Mejía"

DIRECCIÓN

Gabriel Cadena G., Ph.D.

PROGRAMA DE APOYOS BÁSICOS

Agroclimatología

Orlando Guzmán M., Ing. Agrónomo M.Sc.

José Vicente Baldión R., Ing. Agrónomo

Alvaro Jaramillo R., Ing. Agrónomo M.Sc.

Biometría

Bernardo Chaves C., Estadístico M.Sc.*

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.

Control Interno

Gloria Inés Uribe S., Administradora de Empresas

Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público

Divulgación

Héctor Fabio Ospina O., Ing. Agrónomo M.Sc.

Documentación

Luis Alejandro Maya M., Documentalista Ph.D.

Nancy Cecilia Delgado R., Bibliotecóloga

Economía

Hernando Duque O., Ing. Agrónomo M. Sc.

Luz Stella Vallejo T. Administradora de Empresas

Sistemas

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico

Carlos Hernán Gallego Z., Tecnólogo en Sistematización

John Jairo Ramírez G., Ing. de Sistemas

Rubén Darío Ospina T., Ing. de Sistemas

Oscar Ariel Giraldo B., Ing. de Sistemas

PROGRAMA AGRONOMÍA

Alfonso Mestre M., Coordinador

Conservación de Suelos

Horacio Rivera P., Ing. Agrónomo M.Sc.*

Luis Fernando Salazar G. Ing. Agrónomo

Fitotecnia

Alfonso Mestre M., Ing. Agrónomo

Néstor Salazar A., Ing. Agrónomo M.Sc.

Argemiro Miguel Moreno B., Ing. Agrónomo M.Sc.

Jhon Jaime Arias H. Ing. Agrónomo

Química Agrícola

Senén Suárez V., Ing. Agrónomo Ph.D.

Federico Ignacio Carrillo P., Químico

Martha Cecilia Henao T., Geólogo M.Sc.*

Eduardo Hernández G. Ing. Agrónomo

Siavosh Sadeghian Kh. Ing. Agrónomo M.Sc.

PROGRAMA DE BIOLOGÍA

Jairo Leguizamón C., Coordinador

Entomología

Alex Enrique Bustillo P., Ing. Agrónomo Ph.D.

Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo*

Martha Gladys Bernal U., Bacterióloga

Reinaldo Cárdenas M., Ing. Agrónomo M.Sc.

María Nancy Estrada V., Bacterióloga

María Teresa González G., Bacterióloga

Juan Carlos López N., Microbiólogo

Jaime Orozco H., Ing. Agrónomo M.Sc.

Maribel del S. Portilla R., Ing. Agrónomo Ph.D.**

Francisco Javier Posada F., Ing. Agrónomo Ph.D.

Armando Rivera M., Microbiólogo

Elena Trinidad Velázquez S., Bioquímica M.Sc.

Patricia Eugenia Vélez A., Bacterióloga M.Sc.

Diógenes Alberto Villalba G., Ing. Agrónomo M.Sc.

Fisiología Vegetal

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo Ph.D.

Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo

Beatriz Eugenia Vélez A., Bióloga

Jerson Ramón Domínguez T., Biólogo. M.Sc.*

Fitopatología

Jairo Leguizamón C., Ing. Agrónomo Ph.D.

Bertha Lucía Castro C., Ing. Agrónomo M.Sc.

Luis Fernando Gil V., Ing. Agrónomo M.Sc.

Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo M.Sc.

Mejoramiento Genético y Biotecnología

Luis Germán Moreno R., Ing. Agrónomo Ph.D.

Gabriel Alvarado A., Ing. Agrónomo M.Sc.

Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.**

Hernando Alfonso Cortina G., Ing. Agrónomo M.Sc.

Alvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.

Carmenza Esther Góngora B., Microbióloga Ph.D.**

María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo M.Sc.*

Juan Carlos Herrera P. Biólogo M.Sc.*

Esperanza Barco C., Bióloga M.Sc.

Miryam Pacheco de P., Bióloga Ph.D.

José Ricardo Acuña S., Biólogo Ph.D.

PROGRAMA DE POSTCOSECHA

Carlos Eugenio Oliveros T. Coordinador

Ingeniería Agrícola

Gonzalo Roa M., Electromecánico Ph.D.

Jairo Rafael Alvarez H., Ing. Agrícola M.Sc.

José Alvarez G., Ing. Agrónomo

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.

Cesar Augusto Ramírez G., Arquitecto

Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico M.Sc.*

Química Industrial

Gloria Inés Puerta Q., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.

María Teresa Dávila A., Ing. Química

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, Químico

Claudia Rocío Gómez P., Tec. Química Ind.

Francisco Luis Grisales L., Ing. Agrónomo

Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal

Aída Esther Peñuela M., Ing. Alimentos

Huver Elías Posada S., Ing. Agrónomo M.Sc.*

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos

Clemencia Villegas G., Ing. Agrónomo M.Sc.

Raúl Jaime Hernández R., Ing. Forestal

Medicina Veterinaria y Zootecnia

María Cristina Cardona B., Médica Veterinaria

PROGRAMA DE INDUSTRIALIZACIÓN

Américo Ortiz P., Físico M.Sc., Coordinador

Jaime Castaño C., Físico M.Sc.

Campo Elías Riaño L., Ing. Químico M.Sc.

PROGRAMA DE EXPERIMENTACIÓN

Manuel José Echeverry L., Ing. Agrónomo M.Sc., Coordinador

Estación Central Naranjal

Celso Arboleda V., Ing. Agrónomo M.Sc.

Subestación Experimental Consacá

Carlos Alberto Zambrano R., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Convención

José Martín Barajas F., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental el Tambo

Carlos Rodrigo Solarte P., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental el Rosario

Helf Marín N., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Gigante

Miguel Bonilla G., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental la Sirena

Luis Fernando Machado M., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental la Catalina

Javier García Alzate, Ing. Agrónomo M.Sc.

Subestación Experimental Líbano

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Maracay

Luis Fernando Machado M., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Paraguaicito

Carlos Julio Ramírez H., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Pueblo Bello

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Santa Bárbara

Piedad Dulfary Henao P. Admon. de Empresas Agropecuarias

Subestación Experimental Santander

Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Supía

José Darío Arias C., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Valle

Carlos Julio Ramírez H., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Marquetalia

Jorge Camilo Torres N. Ing. Agrónomo

DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

Luis Carlos Carmona L., Ing. Químico,
especializado en Finanzas y Economía Cafetera

Sección Archivo y Comunicaciones

María Esperanza Montes de Peña (E)

Sección Contabilidad

Jorge Eliécer Latorre G., Contador Público

Gloría Liliana Gómez R. Contador Público

Jesús Danilo González O. Contador Público

Sección Mantenimiento y Servicios

Jairo Zapata Z., Ing. Electricista

Personal

Luz Adriana Márquez V., Ing. Industrial

Tesorería

Jesús A. López G., Contador Público

Sección Presupuesto

César Alberto Serna G. Contador

Andrés Mejía L. Ing. Industrial

Sección Suministros y Bienes

Luis Fernando Botero A., Economista M.Sc.

Martha Elena Vélez H., Contador Público

Mauricio Loiza Muñoz., Ing. Industrial

INVESTIGADORES EN PROYECTOS ESPECIALES

Yamel López F. Ph.D. Convenio COLCIENCIAS-FEDERACAFÉ
Arnubio Valencia J. Ing. Agr. Facultad de Ciencias Exactas
y Naturales. Universidad de Caldas
Jorge Eduardo Botero E. Ph.D. Biología de la Conservación
Fernando Alvarez M. Profesor año sabático,
Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín

JOVENES INVESTIGADORES: CONVENIO FEDERACAFE - COLCIENCIAS

Claudia Yanine Muñoz A. Ing Agrónomo
Pablo Ignacio Campillo O. Ing. Agrícola
María Isabel Ramírez A. Ing. Agrícola
Mauricio Cárdenas R. Diseñador Industrial
Shirley Toro S. Ing. Agrónomo
Oscar Darío Quintero G. Ing. Agrónomo
Diana María Cano L. Ing. Agrónomo
Carlos Ariel Angel C. Ing. Agrónomo
Adriana Garavito R. Zootecnista
Adriana González A. Microbióloga

* Comisión de Estudios

** Post-doctorado

(E): Jefe encargado