

Resumen

Informe Anual de Actividades

Cenicafé

2 0 0 0 - 2 0 0 1



Federación Nacional de
Cafeteros de Colombia



Cenicafé
CENTRO DE DOCUMENTACION

FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

COMITÉ NACIONAL DE CAFETEROS

Ministro de Hacienda y Crédito Público
Ministro de Agricultura y Desarrollo Rural
Ministro de Comercio 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
Julio Ernesto Marulanda Buitrago
Diego Arango Mora
Floresmiro Azuero Ramírez
Carlos Alberto Martínez Martínez

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

Gerente Administrativo
EMILIO ECHEVERRI MEJÍA

Gerente Técnico (E)
EDGAR ECHEVERRI GÓMEZ

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

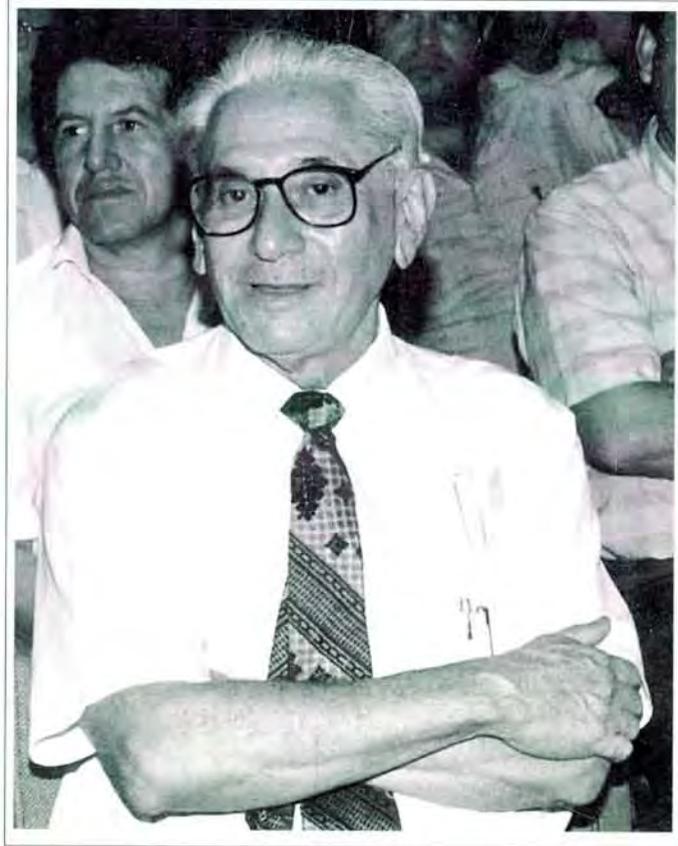
Una publicación de Cenicafé

Editor:	Héctor Fabio Ospina - Ing. Agr. M. Sc
Diagramación y diseño:	Carmenza Bacca Ramírez
Fotografías:	Gonzalo Hoyos Salazar - Archivo Cenicafé y Disciplinas de Investigación
Impresión:	Editorial Blanecolor Ltda. Manizales

1AGGa:vk
C25
2000-2001

014960

Colombia
INSTITUTO BOGOTANO DE INVESTIGACIONES



DR. JAIME CASTILLO ZAPATA

Agosto 18 de 1928 - Noviembre 2 de 2001

Contenido

PROGRAMA PRESENTACIÓN ORAL	6
RESUMEN EJECUTIVO	14
AGRONOMÍA	22
Conservación de suelos	
Química agrícola	
Fitotecnia	
BIOLOGÍA	54
Entomología	
Fitopatología	
Mejoramiento genético	
Fisiología	
POSTCOSECHA	88
Ingeniería agrícola	
Química industrial	
PROGRAMA ETIA	104
EXPERIMENTACIÓN	116
APOYOS BÁSICOS	122
Biología de la conservación	
Biometría	
Economía	
Agroclimatología	
Documentación	
Sistemas	
Divulgación y Transferencia	

Objetivos

PARTICULARES

Conocer que actividades de investigación se realizaron por parte de cada uno de los participantes durante el tiempo comprendido entre octubre de 2000 y septiembre de 2001

Informar en cuáles proyectos o experimentos se participó como líder o responsable, y como colaborador o asesor.

Destacar principalmente los resultados obtenidos y discutir su importancia en relación con los objetivos de los proyectos.

Hacer conocer de los asistentes, qué otras actividades relevantes se realizaron relacionadas con transferencia, capacitación o planeación de investigaciones.

GENERALES

Para que sirva de instrumento de evaluación, a la Federación y en particular para CENICAFÉ, de las actividades de investigación y experimentación

Evaluar la productividad de CENICAFÉ durante el periodo del informe

Compartir la información sobre los avances de las investigaciones con las directivas de la Federación y muy especialmente con los Comités Departamentales de Cafeteros

MARTES 13 DE NOVIEMBRE AM -
MODERADOR: Alvaro Gaitán B.
INSTALACIÓN 8:00 AM

BIOLOGÍA DE LA CONSERVACIÓN

Avances y perspectivas en el Programa de Biología de la Conservación en Cenicafé.

Jorge Eduardo Botero E. **Biol. de la Conservación** 8:15 AM

Las aves en un diagnóstico regional de la biodiversidad.

Juan Carlos Verhelst M. **Biol. de la Conservación** 8:30 AM

Análisis de las áreas de interés ambiental en el municipio de Manizales.

Oscar Orrego S. **Biol. de la Conservación** 8:45 AM

Análisis regional de las extinciones en la avifauna.

Juan Carlos Rodríguez E. **Estudiante U. Javeriana** 9:00 AM

Cañadas arborizadas como corredores para aves de bosque en zonas cafeteras.

Andrés Mauricio López L. **Biol. de la Conserv. Fac. M.V. U. de Caldas** 9:15 AM

Comportamiento reproductivo de las aves acuáticas en humedales alto andinos.

Marcela Patiño M. **Biol. de la Conserv. Fac. M.V. U. de Caldas** 9:30 AM

ECONOMÍA

Impacto socioeconómico de la cosecha mecánica y manual asistida de café - avances

Catalina Zárate R. **Economía. U. Autónoma de Mzles.** 9:45 AM

RECESO 10: 00 AM

Determinantes de la productividad del café en Caldas – avances

Francisco Bustamante G. **Economía. Comité Deptal de Cafeteros de Caldas** 10:30 AM

Aspectos socioeconómicos de la mano de obra de la recolección en la zona central cafetera de Caldas

Hernando Duque O. **Economía - Cenicafé** 10:45 AM

MEJORAMIENTO GENÉTICO

Evaluación agronómica de selecciones de café con resistencia incompleta a roya.

Gabriel Alvarado A. **Mej. Genético** 11:00 AM

Germoplasma. Híbridos interespecíficos. Evaluación de broca.

Hernando Alfonso Cortina G. **Mej. Genético** 11:15 AM

Mapa genético de café. Resistencia a CBD.

María del Pilar Moncada B. **Mej. Genético** 11:30 AM

Nuevos componentes de variedad Colombia con resistencia Completa.

Huver Elías Posada S. **Mej. Genético** 11:45 AM

MARTES 13 DE NOVIEMBRE PM MODERADOR: José Horacio Rivera P.

FISIOLOGÍA DEL CAFETO

Efecto de la disponibilidad hídrica sobre la fisiología floral y la producción del cafeto.

Crecimiento de la guadua.

Néstor Miguel Riaño H. **Fisiología Vegetal** 1:30 PM

Efecto de la nutrición sobre la fotosíntesis de la hoja del cafeto.

Juan Carlos López R. **Fisiología Vegetal** 1:45 PM

Fotosíntesis y relación fuente – demanda en el cafeto.

Luis Fernando Gómez G. **Fisiología Vegetal** 2:00 PM

Perfiles cromatográficos y sensoriales del café tostado y molido según la altura de siembra del cultivo.

Aristófeles Ortiz. **Fisiología Vegetal** 2:15 PM

INVESTIGACIÓN ADAPTATIVA

Resultados parciales de la caracterización física y química de lulo y mango común.

María Cristina Chaparro C. **Programa ETIA** 2:30 PM

Análisis de la fase I "Diagnóstico de lulo y mango común".

Claudia Rocio Gómez P. **Programa ETIA** 2:45 PM

Análisis funcional de los recipientes de cosecha y empaques de comercialización para mora de Castilla, lulo y mango. Gloria Esperanza Aristizábal V. Programa ETIA	3:00 PM
RECESO	3:15 PM
Avances de la Investigación en Macadamia. Clemencia Villegas G. Programa ETIA	3:45 PM
Resultados de la evaluación de bancos de germoplasma de Cítricos y Passifloras. José Arthemo López R. Programa ETIA	4:00 PM
Comportamiento del hato de ganado de carne. María Cristina Cardona B. Programa ETIA	4:15 PM
Avances en el programa de injertación de <i>Cordia alliodora</i> . Evaluación del banco de germoplasma de forestales nativas. Carlos Mario Ospina P. Programa ETIA	4:30 PM
Resultados del segundo año de evaluación de la investigación de densidad y fertilización de forestales. Elkin Alonso Jaramillo G. Programa ETIA	4:45 PM

MIÉRCOLES 14 DE NOVIEMBRE AM
MODERADOR: Néstor M. Riaño H.

AGROCLIMATOLOGÍA

Ecotopos Cafeteros. José Vicente Baldión R. Agroclimatología	8:00 AM
Sistema para el cálculo del balance hídrico en un sistema Suelo - planta - atmósfera. Oscar Fernando Gómez M. Agroclimatología	8:15 AM
Servicio meteorológico Federacafé. Ecotopos cafeteros. Orlando Guzmán M. Agroclimatología	8:30 AM
Nutrientes en el agua lluvia, lavado foliar y escorrentía en cafetales. Álvaro Jaramillo R. Agroclimatología	8:45 AM

INVESTIGACIONES EN FERTILIDAD DE SUELOS

Avances sobre la determinación de los niveles críticos de los nutrientes en café. Siavosh Sadeghian K. Química Agrícola	9:00 AM
Efecto de la fertilización con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento vegetativo del café. Eduardo Hernández G. Química Agrícola	9:15 AM
Servicios de análisis Laboratorios Disciplina Química agrícola. Beatriz Mejía M. Química Agrícola	9:30 AM

Cartografía-Elaboración de mapas de suelos del Depto. de Antioquia y ordenamiento de la información básica.

Flor Asunción Pulido R. **Química Agrícola**

9:45 AM

RECESO

10:00 AM

CONSERVACIÓN DE SUELOS

Soluciones biológicas y bioingenieriles en la prevención y control de problemas de erosión.

José Horacio Rivera P. **Conservación de Suelos.**

10:30 AM

Validación del factor Erodabilidad K en condiciones de campo y laboratorio usando simulador de lluvias.

Edgar Hincapié G. **Conservación de Suelos.**

10:45 AM

Interferencia de arvenses en cafetales en etapa de levante.

Luis Fernando Salazar G. **Conservación de Suelos.**

11:00 AM

MANEJO DE CAFETALES

Optimización sistemas de siembra del café. Balance hídrico y desarrollo del fruto. Programa de Experimentación.

Jaime Arcila P. **Fitotecnia.**

11:15 AM

Opciones para renovar los cafetales.

Argemiro Miguel Moreno B. **Fitotecnia**

11:30 AM

Potencial para la certificación de café orgánico en Caldas.

Orlando Ospina S. **Fitotecnia. Unisarc**

11:45 AM

Sistemas agroforestales con café.

Fernando Farfán V. **Fitotecnia.**

12:00 M

MIÉRCOLES 14 DE NOVIEMBRE PM

MODERADOR: Jaime Arcila P.

CONTROL DE LA BROCA

Mejoramiento de cepas de *Beauveria bassiana*. Estudio de resistencia de la broca al endosulfan.

Carmenza Góngora B. **Entomología**

1:30 PM

Diagnóstico en el campo del manejo de la broca del café, con insecticidas.

Francisco Javier Posada F. **Entomología**

1:45 PM

Efecto de entomonematodos sobre poblaciones de broca en frutos del suelo.

Juan Carlos Lara G. **Entomología. U. de Caldas.**

2:00 PM

Transformación de *Beauveria bassiana* cepa Bb 9205 con genes de *Metarhizium anisopliae*.

Martha Lilibiana Rodríguez C. **Entomología. U. Nal. Bogotá.**

2:15 PM

Estudio de poblaciones de broca en fincas de caficultores experimentadores.

Luis Fernando Aristizábal A. **Entomología. ICO-CFC-CABI**

2:30 PM

Evaluación y validación de planes de muestreo para estimar poblaciones de la broca del café.	
Alex Enrique Bustillo P. Entomología	2:45 PM
Biología de <i>Phymastichus coffea</i> en tres altitudes de la zona cafetera.	
Carlos Gonzalo Mejía M. Entomología. ICO-CFC-CABI	3:00 PM
RECESO	3:15 PM
Significado y comprensión del manejo integrado de la broca del café en pequeños caficultores del Eje Cafetero.	
Hugo Mauricio Salazar E. Entomología. ICO-CFC-CABI	3:45 PM
Avances en las investigaciones con parasitoides de la broca del café.	
Jaime Orozco H. Entomología	4:00 PM
<hr/>	
Parasitismo de <i>Phymastichus coffea</i> sobre poblaciones de broca, en frutos de café de diferentes edades.	
Juliana Jaramillo S. Entomología. U. de Caldas	4:15 PM
Los insectos como indicadores de hábitat perturbados.	
Zulma Nancy Gil P. Entomología	4:30 PM
Mirmecofauna de la zona cafetera y especies predadoras de la broca del café.	
Moisés Vélez H. Entomología. Joven Investigador	4:45 PM
Efecto de entomonematodos sobre la broca del café.	
Juan Carlos López N. Entomología. Microbiólogo	5:00 PM
Efecto de la reactivación de <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Metarhizium anisopliae</i> en la mortalidad de la broca del café.	
Patricia Marín M. Entomología	5:15 PM
Detección y cuantificación de toxinas de <i>Beauveria bassiana</i> .	
Fernando Delgado B. Entomología. U. Católica Mzles.	5:30 PM
Producción de cuerpos anticlonales contra la beauvericina producida por <i>Beauveria bassiana</i> .	
Jorge William Arboleda V. Entomología. U. de Caldas.	5:45 PM

JUEVES 15 DE NOVIEMBRE AM
MODERADOR: Jorge E. Botero

ENFERMEDADES DEL CAFETO

Diagnóstico y recuperación del virus del café.	
Carlos Ariel Ángel C. Fitopatología	8:00 AM
Trabajos preliminares en el estudio de las arvenses como posibles hospedantes del virus del café.	
Carlos E. Maldonado L. Fitopatología. U. de Caldas	8:15 AM
Estudio de seis especies de la familia Cicadellidae como posibles vectores de la crespiera.	
Carlos Alberto Galvis G. Fitopatología	8:30 AM

Variabilidad genética y patogénica de las especies de <i>Colletotrichum</i> asociadas al cultivo de café. Gloria Amanda Pardo A. Fitopatología.U. Nal. Bogotá	8:45 AM
Avances en roya, CBD y mancha de hierro. Luis Fernando Gil V. Fitopatología	9:00 AM
Resistencia genética a llaga macana. Bertha Lucía Castro C. Fitopatología	9:15 AM
Diseño, construcción y evaluación de dos prototipos para la aplicación de productos biológicos en almácigos de café. Martha Lucía Ibarra B. Fitopatología. U. Autónoma de Mzles.	9:30 AM
Avances en las investigaciones en micorrizas arbusculares (MA) en café, plátano y banano. Carlos Alberto Rivillas O. Fitopatología	9:45 AM
RECESO	10:00 AM
Identificación de regiones NBS en genes de resistencia en café Alvaro León Gaitán B. Fitopatología	10:30 AM
Análisis de secuencias de ESTs y microsatélites en café (<i>Coffea arabica</i>). Marco Aurelio Crisancho A. Fitopatología	10:45 AM

BIOTECNOLOGÍA

Evaluación de un promotor específico del endosperma del café en plantas transgénicas de tabaco. José Ricardo Acuña Z. Mej. Genético-Biotecnología	11:00 AM
Transformación genética de suspensiones embriogénicas de café mediante <i>Agrobacterium tumefaciens</i> . Diana María Molina V. Mej. Genético-Biotecnología	11:15 AM
Evaluación de la actividad de promotores en suspensiones celulares de <i>C. arabica</i> L. cv Colombia transformadas mediante biolística. Adriana Gisella Rosillo G. Mej. Genético- U. Jav. Bogotá	11:30 AM

JUEVES 15 DE NOVIEMBRE PM MODERADOR: Carmenza Góngora B.

POSTCOSECHA

Estudio del sistema operativo de la cosecha manual asistida del café - Avances Juan Carlos Vélez Z. Biometría	1:30 PM
Aplicación de un método mejorado en la administración de la recolección del café. Esther Cecilia Montoya R. Biometría	1:45 PM
Avances en el diseño de sistemas de protección para las despulpadoras. Diego Agudelo G. Ing. Agrícola. U. Nal. Mzles.	2:00 PM
Efecto de la aplicación de Ethrel en la disminución de la fuerza de desprendimiento a tracción pura en dos localidades. Juan Carlos Ramos G. Ing. Agrícola. U. de Caldas	2:15 PM

Dispositivos de accionamiento manual para la cosecha del café.	
Juan Daniel Buenaventura A. Ing. Agrícola	2:30 PM
Avances en cosecha de café con una herramienta portátil.	
Cesar Augusto Ramírez G. Ing. Agrícola	2:45 PM
Respuesta dinámica de una rama de café a las perturbaciones mecánicas.	
Gonzalo Roa M. Ing. Agrícola	3:00 PM
RECESO	3:15 PM
Estudio experimental de la respuesta dinámica del árbol de café sometido a vibración del tallo.	
Yasson Duque A. Ing. Agrícola. U. SurColombiana	3:45 PM
Diseño de acoples para vibradores inerciales del tallo del café	
Federico García U. Ing. Agrícola. U. Nal. Medellín.	4:00 PM
Avances en cosecha de café con vibradores multidireccionales del tallo	
Jair Granja F. Ing. Agrícola. U. Tecn. Pereira	4:15 PM
Cosecha de café con aplicación de vibraciones circulares al tallo.	
John Arvey Henao S. Ing. Agrícola. U. Nal. Mzles.	4:30 PM
Desarrollo de tecnología electrónica para la detección de frutos de café en cosecha mecanizada.	
Andrés F. Salazar R. Ing. Agrícola. U. Nal. Mzles.	4:45 PM
Avances en cosecha de café con vibración de múltiples puntos del tallo.	
Iván Darío Aristizábal T. Ing. Agrícola. U. Nal. Medellín	5:00 PM
Avances en cosecha mecanizada del café. Avances en despulpado y secado del café.	
Carlos Eugenio Oliveros T. Ing. Agrícola.	5:15 PM

VIERNES 16 DE NOVIEMBRE AM

MODERADOR: Esther C. Montoya

AVANCES EN QUÍMICA INDUSTRIAL

Medidas para evitar el deterioro de la calidad del café.	
Gloria Inés Puerta Q. Química Industrial	8:00 AM
Asesorías en el tratamiento de aguas residuales.	
Diego Antonio Zambrano F. Química Industrial	8:15 AM
Investigación básica en cultivo de hongos comestibles tropicales.	
Nelson Rodríguez V. Química Industrial	8:30 AM
Cultivo de la seta comestible Shiitake en fincas piloto.	
Carmenza Jaramillo L. Química Industrial	8:45 AM
Identificación de puntos críticos en el cultivo del hongo Shiitake.	
Ana Luz Arango P. Quím. Industrial. U. Nal. Mzles.	9:00 AM

BIODIVERSIDAD EN ANDES COLOMBIANO

Conservación y uso sostenible de biodiversidad en los Andes Colombianos.

Clara Inés Ríos K. **Instituto Alexander von Humboldt.**

9:15 AM

DOCUMENTACIÓN

Informe de Documentación

Nancy Cecilia Delgado R. **Documentación**

9:30 AM

SISTEMAS

Informe de Sistemas 2001

Luis Ignacio Estrada H. **Sistemas**

9:45 AM

RECESO

10.00 AM

DIVULGACIÓN

Actividades de Divulgación

Héctor Fabio Ospina O. **Divulgación**

10:30 AM

DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

Informe de actividades 2000-2001

Luis Carlos Carmona L. **Depto. Servicios Administrativos**

10:45 AM

INFORME DE LA DIRECCIÓN

Gabriel Cadena Gómez. **Dirección**

11:00 AM

Resumen Ejecutivo

El año cafetero 2000-2001 se caracterizó por la profunda crisis de la industria debido a los más bajos precios registrados históricamente por el mercado internacional. Como consecuencia fue necesario tomar decisiones orientadas a reducir los costos operativos de las distintas actividades realizadas por la Federación en beneficio de los caficultores. Cenicafé había iniciado en el año cafetero 99-2000 una reducción importante de sus actividades y en consecuencia, de su nómina de colaboradores. Ante la profundización de la crisis económica del sector, las directivas cafeteras tomaron las decisiones más apropiadas para poder continuar con las actividades de investigación científica a cargo de CENICAFÉ, reconociendo el papel estratégico de la investigación para ayudar a buscar soluciones orientadas hacia la reducción de los costos de producción, principalmente.

Siguiendo esas orientaciones gremiales CENICAFÉ presentó un plan estratégico para reducir los costos de funcionamiento del Centro, en el cual se contempló la eliminación de algunas líneas, programas y proyectos de investigación, de acuerdo con una priorización de los mismos. Se determinó no continuar con las investigaciones a cargo del Programa de

Industrialización e igualmente, reducir el número de subestaciones regionales de experimentación. Fue así como se entregaron a sus respectivos propietarios las subestaciones de Supía, Marquetalia, Gigante,

Albán, Sevilla, Convención, La Unión y Consacá, y se prevé igualmente la suspensión de actividades en La Catalina y Santa Bárbara. Con base en estas decisiones, se adecuó el plan de investigación y la nómina de empleados con una reducción de 43 empleos, incluyendo investigadores, auxiliares y personal de apoyo. La segunda estrategia propuesta fue la de buscar recursos de financiación externa tanto a nivel nacional como internacional. En este sentido, se presentaron propuestas de investigación a Colciencias, al SENA, PROEXPORT y Minambiente, entre otros. Así también se inició con apoyo de la FAO, el FCC, CABI y la OIC, el proyecto relacionado con la calidad del café. También se continuaron los proyectos cofinanciados por el FCC para el estudio de la broca y especialmente, la investigación participativa. En total, se logró la cofinanciación de proyectos por una cuantía de \$2.400 millones de pesos. La tercera estrategia presentada a las directivas de la Federación fue la internacionalización de CENICAFÉ. Esta iniciativa fue presentada durante la Conferencia Mundial del Café en Londres y recibió favorables opiniones de países productores y consumidores. En esa dirección, se iniciaron contactos nacionales e internacionales, con el fin de buscar fondos de financiación internacional para CENICAFÉ. Se busca que este Centro se convierta en un Centro Internacional para la Investigación en Café con el apoyo económico de los países interesados en los conocimientos y tecnologías generadas por el Centro.

En el año cafetero 2000 – 2001, el Centro Nacional de Investigaciones de Café, Cenicafe, continuó con el desarrollo del Plan Quinquenal de Investigaciones 1997 – 2002 y se adelantaron actividades de investigación y experimentación en las 10 estaciones experimentales y en fincas de caficultores en el área cafetera nacional.

Los criterios de competitividad siguen siendo una meta en los resultados de investigación y por tanto, cada vez más urge que éstos allanen el camino de la disminución de costos, siempre en el contexto del mantenimiento de la calidad física y en taza del café colombiano.

En cuanto a la calidad se iniciaron evaluaciones de la calidad física, sensorial y sanitaria de muestras de café almacenado.

Se encontró que el tiempo límite de almacenamiento del café, para conservar su calidad física y organoléptica, depende no sólo de los factores de humedad del grano y de las condiciones de temperatura y humedad relativa del sitio de almacenamiento, sino también de la calidad del producto al momento de almacenarse y del tipo y condiciones de procesamiento del café que se almacena. Se formuló la investigación que tiene como propósito buscar estrategias para prevenir el deterioro por mohos, buscando identificar los hongos predominantes en el café y en los ambientes de proceso de

beneficio en 80 fincas, evaluar las condiciones de procesamiento, medir la capacidad de los mohos encontrados para producir Ochratoxina A y evaluar los niveles de OTA en el café producido en las fincas.

Basados en las normas del *Codex alimentarius* y del Decreto 3075 del Ministerio de Salud de Colombia se establecieron “Buenas Prácticas para el procesamiento del café en la finca”, incluyendo los utensilios, equipos, tanques, alrededores, secadores, operarios, personal manipulador de café para el proceso de beneficio, el material de empaque y las condiciones de almacenamiento y transporte. También se desarrollaron los procedimientos para el Programa de Saneamiento, (SSOP) que se refieren a los procedimientos documentados sobre el mantenimiento y control de la limpieza y desinfección general de las instalaciones, el personal, los equipos, el control de plagas, el manejo de residuos y el control de la adulteración y la contaminación cruzada del café durante su proceso en la finca.

Se continuó la evaluación de diversas prácticas preventivas de Conservación de suelos, como el Manejo Integrado de Arvenses y el Control de erosión en varios procesos erosivos (cárcavas, derrumbes, negativos de carretera y solifluxiones). Los trabajos de control de erosión continúan mostrando una eficiencia alta en su recuperación (90 - 100%) utilizando sólo mano de obra y materiales propios de las fincas.

Se iniciaron estudios de los umbrales económicos para el manejo integrado de arvenses en el cultivo de café como herramienta para realizarlo con criterios cuantitativos. Los resultados preliminares sugieren que este tipo de manejo no interfiere en el crecimiento del cultivo del café a lo sumo hasta los de 6 meses de edad, con respecto al tratamiento libre de arvenses todo el tiempo.

Se continuó con el propósito de determinar los niveles críticos de los nutrimentos para el cultivo de café en suelos cafeteros, con el objeto de establecer el efecto de la fertilidad natural del suelo sobre el rendimiento de café y el nivel de los elementos nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio a partir del cual se podrá suspender la fertilización (nivel crítico), sin causar reducción en la producción. También se está evaluando el efecto en la producción, de la fertilización con nitrógeno y potasio en las etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo. Con relación a la caracterización edafológica de los ecotopos cafeteros de Colombia en el período correspondiente al año cafetero 2000-2001 se completó la información correspondiente a los Ecotopos 101A (municipio de Urrao), 101B (municipios de Caicedo y Santa Fe de Antioquia), 102B (municipio de Anzá) y 201A (municipios de Sabanalarga, Liborina, Olaya, Sopenetrán, San Jerónimo y Ebéjico, así como el corregimiento de Palmitas del municipio de Medellín) con una

extensión total de 84.670 hectáreas.

Se evaluó el efecto de la aplicación foliar del producto CEN sobre el crecimiento de plantas de café en almácigo. Se encontraron diferencias altamente significativas entre los sustratos suelo sin adición de materia orgánica y suelo con adición de ésta, independiente del tratamiento foliar aplicado. Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios llevados a cabo en Cenicafé y en los cuales se ha demostrado que la adición de materia orgánica descompuesta al suelo que se utiliza para el llenado de las bolsas del almácigo, es la mejor forma de obtener plantas de óptima calidad.

Se destaca la decisión de prestar el servicio de privatización de los análisis de Suelos y Agroquímicos por medio de un Servicio Externo (outsourcing). A partir de junio 1 del presente año este servicio se viene prestando por Multilab Agroanalítica, empresa que funciona en las instalaciones del Laboratorio de Química Agrícola.

El personal técnico de Multilab Agroanalítica está conformado por los mismos profesionales que laboraban en dicho Laboratorio, y se conservan los criterios de calidad en los resultados que se han manejado en Cenicafé. Se atienden las solicitudes de investigadores del Centro, Comités de Cafeteros, agricultores y particulares en general.

En los estudios sobre cuantificación de la floración, cuajamiento y crecimiento del fruto en diferentes ambientes se encontró que los valores de crecimiento vegetativo (altura y número de cruces) en las diferentes localidades fueron variables a través del tiempo, con períodos de incrementos y disminuciones, de acuerdo a la disponibilidad hídrica y energética de cada localidad. El comportamiento de la floración para el año 2001 estuvo de acuerdo con los patrones normales de las diferentes regiones.

De otra parte, con base en resultados obtenidos en estos estudios, se estableció a nivel decadal la relación entre el índice de humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto, lo cual permite hacer un estimativo del efecto del déficit hídrico sobre el fruto o la cosecha, de acuerdo a su estado de desarrollo.

Con relación a las condiciones climáticas presentes durante este año, se puede decir que en aquellas zonas cuyos suelos poseen buena capacidad de retención de agua, el período seco que se presentó en agosto no alcanzó a tener un efecto marcado sobre la cosecha ya que en ese momento la mayor parte de los frutos ya estaban cercanos a la etapa de madurez fisiológica. En las zonas con suelos de baja capacidad de retención de agua sí se puede afectar el desarrollo del fruto. Al comparar tres sistemas de obtención del

número de plantas por sitio y su efecto en la producción de café, se encontró que para una misma densidad de población, en general se observa una tendencia a un mejor comportamiento de los sistemas con dos plantas o dos tallos por sitio que con una sola planta por sitio. Entre los sistemas de dos plantas o dos tallos, la tendencia es a no presentar diferencia significativa entre éstos. Por razones de costos, sería más ventajoso el sistema de dos tallos por sitio, obtenidos por poda del brote terminal en el almácigo.

Se compararon la poda calavera y otros sistemas de manejo de cafetales y se demostró que las podas calaveras: común y con descope, son igual de productivas pero la poda calavera con descope y púas es más costosa.

La productividad de estas prácticas de manejo, aunque es similar con relación a la siembra nueva y la zoca común, después de la segunda cosecha, sus producciones son poco interesantes para los recolectores, tienen más problemas con la broca y su costo de recolección es hasta en un 15% más alto. Se encontró que en siembras nuevas de café se les puede intercalar hasta tres ciclos seguidos de frijol con 160.000 plantas/ha cada uno, en cualquiera de las tres poblaciones de café.

Se ha obtenido información acerca de las mejores prácticas para el cultivo de café en ausencia de productos quími-

cos y se obtienen los primeros resultados en cuanto a niveles óptimos de fertilización orgánica. Mediante el estudio realizado en 4 municipios del departamento de Caldas se determinaron los indicadores del potencial que tienen los caficultores para que sus cultivos sean certificados como orgánicos y que sirvan de guía para fijar el período en que se deba dar esta certificación.

En cuanto al manejo de la broca se destacan las actividades sobre Investigación Participativa con Caficultores en los departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío en donde unos 120 caficultores participaron en la evaluación de procesos de control obteniéndose resultados muy positivos con la adopción de muchas prácticas del MIB. Los estudios sobre la Cría masiva de la broca del café y de sus parasitoides usando una dieta artificial, muestran resultados promisorios para establecer una cría con una posible mecanización de todos sus procesos, reduciéndose así sus costos de producción. En fincas donde el endosulfan se utiliza indiscriminadamente se detectó un gen de resistencia en la población de broca del café, que ha causado una reducción en la eficiencia de este insecticida frente al insecto. En cuanto a los estudios sobre mejoramiento del hongo *Beauveria bassiana* se ha logrado hacer transformaciones que presentan mayor patogenicidad a la broca. En relación con los nematodos parásitos se cuenta con dos especies capaces de

atacar a la broca que se encuentra en el interior de los frutos infestados caídos al suelo.

En relación con las enfermedades del café, se confirmó que las razas de roya del cafeto en Colombia presentan genotipos complejos, desconocidos, o con genes de virulencia no descritos previamente. En campo se identificaron 7 progenies F5 derivadas del cruzamiento entre Borbón resistente a Macana x Caturra, con un alto grado de resistencia a *Ceratocystis fimbriata*. Con fines taxonómicos se estudiaron las regiones internas transcritas (ITSs) del DNA ribosomal de 50 aislamientos de *Colletotrichum sp* de Colombia y aislamientos referencia. Posibles partículas virales de 60nm de diámetro se observaron utilizando microscopía electrónica de transmisión en el CIAT, en muestras de café traídas de Andes (Antioquia). Hasta el momento no se ha comprobado la transmisión de Crespeta usando seis especies de Cicadelidos. En control biológico, se diseñaron dos prototipos para la aplicación de productos en almácigos, y la inoculación con tres especies de *Glomus* mostró en plátano «Dominico-Hartón» y banano «Gran Enano» diferencias estadísticas a favor de la micorrización en las variables de crecimiento, al igual que tendencia a la reducción de problemas causados por nematodos.

El estudio del genoma del café mostró una baja frecuencia de microsátélites, y la asociación

de éstos con transposones del tipo MITEs. De 751 secuencias de cDNA, 42% exhibieron similitud a genes conocidos en otros organismos, 19% a proteínas con función no identificada y 39% representan nuevas secuencias. Se identificaron cuatro clones candidatos, similares a genes de diferentes plantas que confieren resistencia a patógenos.

Respecto a la fisiología de la planta de café se continuaron los estudios sobre la productividad en los aspectos relacionados con la fotosíntesis, distribución de la biomasa, floración y fructificación. En cuanto a la fotosíntesis se determinó el efecto de la disponibilidad de nitrógeno sobre el proceso, presentando algunas tendencias en las variables de respuesta. En relación al déficit hídrico y del exceso hídrico severo sobre el proceso reproductivo de la planta, se observa que en los estadios iniciales del crecimiento presenta más detrimento el exceso que el déficit, lo que se traduce en una reducción significativa en la primera cosecha. Posteriormente el exceso y/o déficit afectan de forma diferente la producción, pero en general se observa que es mayor el impacto del exceso hídrico.

Se continuaron los estudios sobre la selección por resistencia completa e incompleta a la roya del café y los estudios de selección por resistencia a la enfermedad de los frutos del café (*Colletotrichum kahawae*). Otras actividades desarrolladas se relacionaron con la conservación y evaluación de

germoplasma de café, el mejoramiento por hibridación interespecífica en café y la búsqueda de fuentes de resistencia genética a la broca en germoplasma de café. Especial énfasis se le dio al inicio de un buen número de estudios relacionados con la transformación genética del café, el desarrollo de marcadores moleculares y la construcción de un mapa genético en café.

En cosecha manual se continuaron las investigaciones con dispositivos de asistencia buscando incrementar el rendimiento operativo, disminuir las pérdidas de frutos por caída al suelo, conservando la alta calidad y eficacia del proceso tradicional. Se han construido y están evaluando prototipos sencillos, de bajo costo, en árboles tratados con Ethrel a 800ppm cuando más del 80% de los frutos presentaron desarrollo superior a 26 semanas, lográndose rendimientos superiores a 30kg/h (muy superior al observado en un recolector de alto rendimiento), con porcentaje de frutos inmaduros en el café cosechado inferior al 10,0% (la mayoría de las veces cerca al 5%). En las investigaciones con herramientas portátiles se rediseñó un dispositivo italiano utilizado en cosecha de aceitunas, denominado peine italiano, el cual permite impactar con precisión los frutos maduros presentes en un nudo y/o aplicar vibraciones a la rama (importante en el caso de ramas con alto porcentaje de frutos maduros).

La herramienta, actualmente accionada neumáticamente, pesa 1350g y por su diseño se puede emplear en partes del árbol en las cuales con otros dispositivos no ha sido posible (cerca al tronco y en ramas bajas con numerosas ramificaciones secundarias y terciarias). El rendimiento obtenido estuvo en el rango 40 a 60kg/h, la calidad varió entre 1,6% y 8% de frutos inmaduros en el café cosechado y la eficacia promedio fue superior al 92%. Actualmente se trabaja en el diseño de sistemas para la captura de los frutos desprendidos, diferentes de las mallas colocadas en el suelo, que permitan utilizar eficientemente la herramienta sin sacrificar las ventajas operativas observadas.

Se desarrolló tecnología para acoplar vibradores inerciales al tallo del café con la cual se evitan daños en la corteza del árbol. Esta tecnología está siendo utilizada en vibradores multidireccionales y circulares. Se trabaja actualmente en el desarrollo de un dispositivo para contar los frutos maduros y verdes desprendidos, con el cual se espera desprender en cada árbol la máxima cantidad de frutos maduros con el mínimo de inmaduros posible (cosecha de precisión).

Adicionalmente se ha avanzado en el modelamiento de la respuesta dinámica de la rama utilizando el análisis con elementos finitos y en la determinación de las condiciones de vibración más favora-

bles para la cosecha con vibración del tallo por la vía experimental. También se inició la evaluación de un dispositivo para sacudir el follaje con el cual en los primeros ensayos se han obtenido resultados importantes en rendimiento (más de 300kg/h), calidad y eficacia. Debido a lo anterior, a la simplicidad de diseño, bajos costos, bajo requerimiento de potencia, se espera instalar y evaluar esta tecnología en la plataforma del COVAUTO.

Se dispone actualmente de una despulpadora con rendimiento operativo de 300kg/h, con características de diseño y materiales que le permiten mejor desempeño que los equipos tradicionales. Entre ellas se tiene el dosificador de tornillo sinfin, que asegura un suministro de café de 300 ± 20 kg/h; cilindro dentado y pechero fabricados en nylon reforzado utilizando máquinas de control numérico, para asegurar precisión y acabado en las partes; sistema de graduación del pechero simple y rápido, utilizando láminas o galgas de diferente grosor; soporte de motor y tensor de correa, para facilitar su instalación y mantenimiento; excelentes acabados. Se observó que la calidad del despulpado satisface los requerimientos de la norma ICONTEC 2090.

Se evaluó un secador de café con capacidad estática para 21 @ de cps, con alimentación de carbón por gravedad, fabricado por Talleres Citará de Bolívar (Antioquia). La diferencia máxima de contenido de

humedad observada al final del proceso de secado fue 2% y la mínima 0,4%. Aunque el consumo de carbón fue superior al esperado (5,15kg/@ de cps en lugar de 3-4 kg/@ de cps), por la forma de operación del equipo (se colocó café húmedo en el segundo presecado solamente hasta las 18 horas de iniciado el proceso), por el bajo costo del combustible (\$ 340/@ cps) por detalles de diseño, control de temperatura (sencillo y confiable) y autonomía de combustible (más de 6 horas) se considera esta tecnología como una alternativa válida para el secado mecánico del café en Colombia en fincas de mediana y gran producción.

Actualmente se trabaja en el desarrollo de un método simple, de bajo costo y confiable, para secadores solares, que permita al usuario obtener café en el rango de comercialización 10-12%. En la primera etapa del estudio, en el 100% de los ensayos se obtuvo café con humedad cercana a 11,0%. En cuanto a la composición del café se determinó el contenido de ácidos clorogénicos totales e individuales en café almendra de *Coffea arabica* variedades: Colombia fruto rojo, Colombia fruto amarillo, Caturra, Típica, Borbón y para comparación muestras de café *C. canephora* variedad Robusta, en diferentes estados del desarrollo del fruto: verde, pintón maduro y sobremaduro. Se utilizó cromatografía HPLC. Se encontró en el café maduro el

clorogénicos que varió de 6,5% para Caturra, Borbón y Típica, 7,2%, para Colombia fruto rojo 8%, Colombia amarillo, 8,21% y para Robusta, 8,46% y el contenido promedio de ácidos clorogénicos según el estado de desarrollo del fruto para las variedades de *Coffea arabica*, es mayor en el estado verde (7,26%), seguido de maduro (7,45%), pintón (7,26%) y sobremaduro (6,69%). En el caso de Robusta se encontró mayor cantidad de ácidos clorogénicos en recolección normal (9,19%), seguido de sobremaduro (9,15%), maduro (8,46%) y pintón(6,73%).

Durante el mes de enero de 2001 se estableció un convenio con la Industria Licorera de Caldas, para asesorar técnicamente a esta empresa en el diseño, montaje y puesta en marcha de una planta de tratamiento de vinaza obtenida a partir de miel virgen. Actualmente ya se tiene el diseño final de la Etapa Hidrolítica Acidogénica y se adelantan gestiones referentes a licitación pública para su construcción. Las investigaciones sobre el cultivo de hongos tropicales en residuos agroindustriales de la zona cafetera permitieron evaluar 5 cepas del hongo *Lentinula edodes* y una de *Ganoderma lucidum* sobre sustratos compuestos de aserrín de tronco del cafeto, borra y pulpa de café. La cepa de *Ganoderma lucidum* presenta, después de 150 días, formación de carpóforos jóvenes. El costo estimado de producir 1kg de sustrato para el cultivo de

Lentinula edodes hasta la fase de postcosecha es de \$1.810.

Durante los meses de septiembre a diciembre del año 2000 se elaboró el proyecto para evaluar en fincas piloto, el cultivo de la seta comestible *Lentinula edodes* (shiitake). En marzo se iniciaron las siembras de la seta, utilizando la metodología artesanal. El objetivo principal de la primera parte del proyecto fue capacitar a los caficultores en el cultivo de Shiitake e identificar las variables a controlar en el proceso del cultivo en cada finca. Los resultados parciales obtenidos son aceptables, pero demuestran la necesidad de desarrollar tecnologías industriales para asegurar el éxito de los cultivos y hacer más sencillo el manejo de este cultivo por los caficultores.

Se utilizó borra de café como sustrato para el cultivo de *Pleurotus pulmonarius*, como solución para los cultivos industriales sociales de hongos comestibles, que se desarrollan en Manizales, que requieren de materiales en gran volumen. El crecimiento del micelio fue fuerte y rápido, con tiempo para la incubación de 25 días y aparición de los primordios a los 40 días. Se obtuvieron eficiencias biológicas del 60%.

En asocio con la Fundación Colombiana de Ciencias, se realizó el montaje de un ensayo para la transformación de café almendra deteriorado en abono orgánico utilizando bacterias comerciales. Después de 2 meses de proceso se ha empe-

zado a evidenciar actividad microbiana, reflejada en la dinámica del pH y la evolución de la temperatura de la masa. El principal inconveniente del proceso ha sido la lentitud con que el grano de café se hidrata y llega a los niveles de humedad necesarios para el adecuado crecimiento de los microorganismos utilizados.-

La actual situación cafetera hace imperiosa la búsqueda de alternativas agropecuarias viables desde el punto de vista técnico, económico y ambiental, para continuar con el desarrollo de esta gran región del país. Se dio continuación a la mayoría de los trabajos de investigación relacionados con la evaluación de bancos de germoplasma de cítricos, macadamia, passifloras, así como investigaciones sobre pastos y forrajes, ganadería y especies forestales nativas, caracterización y normalización de frutas. Los resultados de investigación indican avances significativos con relación a las variedades de cítricos, macadamia y passifloras de mejor comportamiento, orientadas a satisfacer la demanda de productos frescos y como materia prima para el procesamiento. Se dispone de información confiable respecto a los parámetros de desarrollo y manejo de especies forestales nativas, que hacen prever un gran potencial para su fomento. Todos los esfuerzos están encaminados a generar alternativas para que el caficultor pueda asociar al café en un sistema agroforestal, en el cual

se produzca madera dura tropical que le genere beneficio económico y que a la vez pueda convertirse en una opción de exportación, debido a la necesidad del mercado internacional, que requiere maderas de especies latifoliadas provenientes sólo de plantación y no de bosque natural.

Respecto a los trabajos sobre frutas, se está generando una cultura de calidad tanto en la región cafetera como del país en general, en beneficio de productores, comercializadores, agroindustriales y consumidores. Ello significa que el sector frutícola se está fortaleciendo para ser competitivo y convertirse en una gran alternativa para el desarrollo de las comunidades rurales. En ganadería también se lograron incrementos en ganancias de peso/animal/día por encima del promedio nacional (pasando de 350 a valores superiores a 750gramos/día). Se generaron conocimientos para el manejo y adaptación de leguminosas a la zona cafetera. Se dispone de ecotipos de *Leucaena leucocephala* que se comportan muy bien en condiciones de la zona cafetera, tecnología para la adecuada rotación de potreros. Se ha comprobado el excelente comportamiento de la raza A. Angus en la zona cafetera y muy especialmente de su FI (Brangus). Para llevar a cabo estas investigaciones en beneficio de los productores de la región cafetera, se ha logrado el apoyo financiero de otras instituciones, a través de Convenios de Cooperación

Técnica, que le significan al Centro, fuentes de cofinanciación por \$1.075.608.000

Uno de los principales logros fue la realización del Diagnóstico de la Biodiversidad del Municipio de Manizales. Se lograron también adelantos en la realización de los proyectos de investigación con participación de estudiantes y en los estudios sobre las comunidades de aves en diferentes tipos de sombríos. Además, se completaron tres años de censos periódicos de aves en los terrenos de Planalto.

Como resultado de la última convocatoria de Colciencias para el Escalonamiento Nacional de Centros de Investigación y Grupos de Investigación, en noviembre de 2000, Cenicafé fue catalogado como Centro de Excelencia con 7 Grupos de Excelencia, tantos grupos como Cenicafé presentó a la convocatoria. Los Grupos de Excelencia fueron: Mejoramiento Genético, Manejo Integrado de Plagas- Disciplina de Entomología, Agronomía, Diversificación, PostCosecha, Industrialización y Fitopatología.

Durante este año la Revista Cenicafé fue de nuevo indexada en el Índice de Revistas Seriadadas Científicas de Colciencias y el Centro publicó los libros titulados "Análisis Económico de doce prácticas para mejorar el desempeño de las fincas

cafeteras", "Coffee Futures: A source book for some critical issues confronting the coffee industry" y "Enfermedades y Plagas en Cattleys: antecedentes e investigaciones en Colombia".

Es importante destacar el retiro de investigadores quienes durante años de servicio a la Institución y a los caficultores dieron lo mejor de sus conocimientos y creatividad para generar tecnologías de producto y de proceso que son la base de las tecnologías de producción en Colombia. Cenicafé agradece especialmente a: Germán Moreno Ruiz, Bernardo Chaves Córdoba, Luis Alejandro Maya Montalvo, Américo Ortiz Perdomo, José Jaime Castaño Castrillón, Campo Elías Riaño Luna, Antonio Caballero, Oscar John Álvarez, José Martín Barajas, Carlos Alberto Zambrano, Miguel Bonilla, Luis Fernando Machado, Luis fernando Botero, Jorge Eliécer Latorre, entre otros.

En la ciudad de Bogotá falleció la Dra. María Eugenia Aponte

Acuña, profesional que estuvo vinculada a la investigación en Biotecnología en el café. Lamentamos su fallecimiento y hacemos llegar nuestras condolencias a sus familiares y amigos.

Finalmente, lamentamos registrar el fallecimiento del Dr. Jaime Castillo Zapata (el 2 de noviembre de 2001 en Medellín)

El Dr. Castillo dedicó toda su vida profesional al servicio de las familias cafeteras colombianas. Sus aportes científicos entre los que se destaca la obtención de la variedad Colombia, enorgullecen a CENICAFÉ y a la comunidad científica colombiana. Su memoria será recordada por cada caficultor colombiano que siembre la variedad Colombia y ese es su mejor homenaje. Nadie ha contribuido tanto a la competitividad y a la sostenibilidad de nuestra caficultura como lo hizo el Dr. Castillo con su dedicación a la ciencia en forma íntegra y sin buscar recompensas personales. Su

vida debe ser tomada como ejemplo para las nuevas generaciones de científicos que desde CENICAFÉ pueden seguir su ejemplo, generando soluciones duraderas a los graves problemas que afectan al cultivo en Colombia y en el mundo. El Dr. Castillo recibió los más altos reconocimientos que un científico en Colombia puede lograr: El Premio de Ciencias de la Fundación Alejandro Ángel Escobar, el Premio al Mérito Científico de la Asociación Colombiana para el Avance de la Ciencia, la Medalla al Mérito Agrícola del Ministerio de Agricultura, el Premio Panamericano de Ciencias de la OEA y la Medalla al Mérito Cafetero Manuel Mejía. Todos los que tuvimos la fortuna de conocer personalmente al Dr. Castillo y compartir con él sus jornadas de trabajo lamentamos su muerte y lo recordaremos siempre, no sólo como el gran científico que fue sino, además, como la persona de especiales cualidades humanas e intelectuales que dedicó toda su vida al café.

■ **GABRIEL CADENA GÓMEZ.**
Director

Chinchiná, Noviembre 16 de 2001

Agronomía

Se vienen evaluando en Cenicafé, las subestaciones experimentales y fincas de agricultores, diversas prácticas preventivas de Conservación de suelos, como el Manejo Integrado de Arvenses y Control de erosión en varios procesos erosivos (cárcavas, derrumbes, negativos de carretera y solifluxiones). Los trabajos de control de erosión continúan mostrando una eficiencia alta en su recuperación (90 - 100%) utilizando sólo mano de obra y materiales propios de las fincas. Se iniciaron estudios de los umbrales económicos para el manejo integrado de arvenses en el cultivo de café como herramienta para realizarlo con criterios cuantitativos.

Se continuó con el estudio sobre la determinación de los

niveles críticos de los nutrimentos para el cultivo de café en suelos de la zona cafetera, También se está evaluando el efecto en la producción, de la fertilización del café con nitrógeno y potasio en las etapas de crecimiento vegetativo y reproductivo. En el campo de la fertilización foliar se evaluó el efecto de la aplicación foliar del producto CEN sobre el crecimiento de plantas de café en almácigo.

Se están desarrollando estudios sobre cuantificación de la floración, cuajamiento y crecimiento del fruto en las subestaciones experimentales de Cenicafé. El comportamiento de la floración y los sistemas de obtención del número de plantas por sitio y su efecto en la producción de café. Se investigan los distintos sistemas de renovación de cafetales y los distintos sistemas de cultivo con el objeto de hacer un mejor uso de los recursos de la producción como los sistemas intercalados con frijol y plátano, o los sistemas agroforestales

Se ha obtenido información acerca de las mejores prácticas para el cultivo de café en ausencia de productos químicos y se obtienen los primeros resultados en cuanto a niveles óptimos de fertilización orgánica. Mediante el estudio realizado en 4 municipios del departamento de Caldas se determinaron los indicadores del potencial que tienen los caficultores para que sus cultivos sean certificados como orgánicos y que sirvan de guía para fijar el período en que se deba dar esta certificación ■



Conservación de Suelos

La Disciplina de Conservación de Suelos tiene en el Plan Quinquenal dos proyectos: CSU 0100 «Conservación de Suelos y Aguas» y CSU 0200 Manejo integrado de arvenses. La finalidad de estos proyectos es llevar al agricultor prácticas sencillas, eficientes y de costos bajos para un uso, manejo y conservación racional de los recursos suelos y aguas de las fincas cafeteras, como estrategia que conlleve a la sostenibilidad de los recursos naturales y la competitividad del caficultor colombiano.

Avances en conservación de suelos y aguas

Prevención y control de la erosión del suelo en fincas cafeteras (CSU 0106).

Trabajo iniciado en 1990, en Cenicafé, las subestaciones experimentales y fincas de agricultores, en las cuales se realizan trabajos de prevención y control de erosión para hacer el seguimiento y evaluación de su eficiencia, persistencia y costos. Se han venido evaluando diversas prácticas preventivas de Conservación de suelos, como el Manejo Integrado de Arvenses y de control de erosión en varios procesos erosivos (cárcavas, derrumbes, negativos de carretera y solifluxiones). Los trabajos de control de erosión muestran eficiencia alta en su recuperación (90 - 100%) utilizando sólo mano de obra y materiales propios de las fincas. Con la

experiencia y resultados logrados, se vienen dando asesorías, cursos y conferencias a agricultores, técnicos de extensión, estudiantes universitarios y otras entidades, en diferentes regiones del país (Tabla 1).

En los diferentes predios de Cenicafé en las granjas experimentales y en fincas de agricultores, en la orientación sobre el manejo integrado de arvenses con la introducción dentro del programa del equipo selector de coberturas nobles. También

se sigue con el manejo integrado de arvenses y la orientación de prácticas de protección de taludes, control de derrumbes, negativos de carretera, protección de riberas y siembra de árboles y mantenimiento de escalinatas como disipadoras de energía de las aguas de escorrentía.

Selector de arvenses. Se continuó evaluando este dispositivo con el fin de lograr una eficiencia mayor y disminución de costos en el Manejo Integrado de Arvenses. En la

Tabla 1. Transferencia de tecnología sobre Conservación de Suelos a agricultores, técnicos, estudiantes, entidades públicas y privadas, durante el periodo 2000 -2001.

ASESORÍAS REALIZADAS POR LA DISCIPLINA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS DURANTE EL PERIODO 2000 - 2001.		Nº
ASESORÍAS SOBRE PRÁCTICAS PREVENTIVAS DE EROSIÓN		21
Construcción de escalinatas en caminos con pendientes superiores al 10%.		
Manejo integrado de arvenses con selección de coberturas nobles.		
Reparación de tuberías averiadas acueductos.		
Orientación protección drenajes naturales.		
Orientación protección taludes.		
Determinar vocación uso del suelo.		
Orientación conducción aguas lluvias de escorrentía, aguas negras y beneficio.		
Mantenimiento de cunetas de carretera adentro y fuera de la finca.		
ASESORÍAS SOBRE PRÁCTICAS DE CONTROL EROSIÓN		42
Obras bioingenieriles de drenaje como filtros vivos de guadua, quiebrabarrigo, matarratón. Para el control de cárcavas, negativos de carretera, solifluxiones, y remociones masales.		
Obras disipadoras de la energía del agua como trinchos vivos y terrazas escalonadas vivas en material de guadua, matarratón, quiebrabarrigo etc.		
Control de Negativos de carretera mediante terrazas escalonadas vivas en material de guadua, eucalipto, matarratón y quiebrabarrigo.		
Obras bio-tecnológicas para la protección y recuperación de bordes de ríos y cañadas.		
Revegetalización con coberturas densas y árboles.		
OTRAS		4
TOTAL ASESORIAS		47
CURSOS Y CONFERENCIAS SOBRE CONSERVACIÓN DE SUELOS REALIZADOS EN EL PERIODO 2000 -2001		Nº
Caficultores		6
Agricultores		3
Técnicos		4
Estudiantes Universitarios		17
Otras entidades		8
Consultas varias de visitantes		12
TOTAL CAPACITACIONES		50

Tabla 2 se presenta la comparación entre los prototipos de Selectores de Arvenses de 1997 (tubería de PVC de 1" de diámetro interno) y el del año 2000 (tubería de PVC de 3/4" de diámetro interno), para lo cual se varió el volumen de mezcla herbicida dentro de los equipos comparándolos con la velocidad de descarga. La eficiencia mayor y los costos menores se lograron con el Selector de Arvenses 2000, con un volumen inicial de mezcla herbicida de 400cm³.

Validación del factor erodabilidad K_f - WEPP usando lluvia simulada en un suelo de la unidad

Chinchiná, Melanudands (CSU-0120). Se finalizó el experimento. Con éste se buscó validar los resultados de la susceptibilidad de los suelos a la erosión obtenidos en laboratorio con aquéllos encontrados en condiciones de campo. El experimento consistió en el estudio en condiciones de campo y laboratorio del movimiento del agua en el

suelo, las pérdidas de suelo por erosión, el factor erodabilidad del suelo K_f - WEPP y la relación entre las propiedades físicas y químicas con la erodabilidad; éste se llevó a cabo en cuatro subestaciones experimentales (cinco repeticiones por localidad) de Cenicafé: Naranjal, Rafael Escobar, La Catalina y El Rosario, en suelos de la unidad Chinchiná (*Melanudands*). Se utilizó un simulador de lluvias de boquillas programable, aplicando una intensidad de lluvia de 100mm.h⁻¹ durante 1 hora.

Los resultados finales obtenidos en el experimento mostraron que en condiciones de campo y en las muestras sin disturbar predominó el flujo de agua por escorrentía (55,7% y 50,05%, respectivamente); mientras que en las muestras disturbadas y clasificadas por tamaño de agregados predominó el flujo de agua por percolación (82,7; 82,3 y 65,9% para agregados de 2-1, 1-0,5 y < 0,5mm de diámetro promedio, respectiva-

mente). Los valores mayores de percolación en las muestras disturbadas se deben a un aumento en la cantidad de poros, debido a la alteración de la agregación natural cuando las muestras son manipuladas y clasificadas por tamaño de agregados. Los resultados de las pérdidas totales de suelo por erosión y del factor erodabilidad K_f - WEPP por cada método y localidad se presentan en las Tablas 3 y 4.

Las pérdidas totales de suelo fueron mayores en las muestras con agregados < 0,5mm (4,59kg.m⁻².h⁻¹) y menores en condiciones de campo (0,34 kg.m⁻².h⁻¹). Los valores mayores de erodabilidad, se presentaron en laboratorio cuando se utilizaron muestras disturbadas con agregados < 0,5mm de diámetro promedio con valores K_f entre 0,62 x 10⁶ y 2,49 x 10⁶ kg.s.m⁻⁴ y los menores en condiciones de campo con valores K_f entre 0,11 x 10⁶ y 0,16 x 10⁶ kg.s.m⁻⁴; hubo un incremento en la erodabilidad a medida que el tamaño de los agregados disminuyó de 2-1 mm a < 0,5 mm de diámetro promedio, lo cual indica que al disturbar el suelo se ocasionan cambios en el grado de agregación y en la estabilidad estructural de éstos, incrementando así la susceptibilidad de los suelos a la erosión.

La relación más alta entre el factor erodabilidad K_f - WEPP obtenido en campo comparado con laboratorio, se presentó cuando se usaron muestras de suelo sin disturbar, con una asociación lineal y un coeficien-

Tabla 2. Evaluación prototipos de Selectores de Arvenses 1997 y 2000 con diferentes volúmenes de mezcla herbicida.

Prototipo	Volumen inicial cm ³	Velocidad de salida L/h	Valor de la aplicación \$/h	
Selector 1"	1200	1,036	1451,78	a*
Selector 3/4"	650	0,690	967,18	b
Selector 1"	600	0,652	913,54	bc
Selector 1"	500	0,544	762,04	c
Selector 1"	400	0,392	549,52	d
Selector 3/4"	400	0,400	560,00	d

* Valores identificados con letras iguales no difieren estadísticamente según prueba de Tukey al 5%.

Tabla 3. Promedios de las pérdidas totales de suelo en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{h}^{-1}$, después de una lluvia simulada de $100\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ en condiciones de campo y laboratorio.

Localidad	Campo	M. Ind.	Ag 2-1	Ag 1-0,5	Ag < 0,5
Naranjal	0,31	1,09	0,24	0,50	1,66
Catalina	0,42	1,06	0,60	1,79	5,87
Rosario	0,27	0,85	0,28	0,63	6,39
Supía	0,36	1,36	1,02	1,69	4,46

Campo: condiciones de campo; M. Ind: Muestras sin disturbar en laboratorio; AG 2-1; 1-0,5 y < 0,5 mm: Agregados de 2-1; 1-0,5 y < 0,5 mm de diámetro promedio.

Tabla 4. Promedios del factor erodabilidad K_f - WEPP ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-4}\cdot\text{s}^{-1} \times 10^6$) determinados en condiciones de campo y laboratorio usando lluvia simulada

Localidad	Campo	M. Ind.	Ag 2-1	Ag 1-0,5	Ag < 0,5
Naranjal	0,11	0,41	0,09	0,19	0,62
Catalina	0,16	0,40	0,23	0,68	2,22
Rosario	0,11	0,33	0,11	0,24	2,49
Supía	0,14	0,51	0,38	0,63	1,66

Campo: condiciones de campo; M. Ind: Muestras sin disturbar en laboratorio; AG 2-1; 1-0,5 y < 0,5mm: Agregados de 2-1; 1-0,5 y < 0,5mm de diámetro promedio.

te de determinación $R^2=0,40$ altamente significativo. Las diferencias en los valores de erodabilidad y pérdidas de suelo entre campo y laboratorio se debieron principalmente al tamaño de las bandejas, a los métodos de captación de los sedimentos y a factores del suelo tales como la biomasa de raíces vivas y muertas, agregación natural, microtopografía superficial; los cuales influyen en los procesos de arranque y transporte de los agregados del suelo.

Las propiedades químicas y físicas que mejor correlacionaron con la erodabilidad fueron: el contenido de materia orgánica, nitrógeno, la capacidad de intercambio catiónico, la densidad aparente, la porosidad total, el porcentaje de agregados estables en agua > 2mm, de 1-0,5mm, de 0,5 - 0,25

y la estabilidad de los agregados en húmedo. Con este trabajo se abren nuevos horizontes para el estudio de los procesos de la erosión del suelo por el agua, mediante el uso de simuladores de lluvia, reduciendo altamente los costos y el tiempo de las investigaciones.

Avances en manejo integrado de arvenses

Umbrales económicos para el manejo integrado de arvenses en el cultivo de café (CSU 0217). Tiene como objetivo principal aplicar el concepto de umbral económico como herramienta para realizar el Manejo Integrado de Arvenses con criterios cuantitativos. El experimento se está realizando en la Estación Central Naranjal e incluye como tratamientos 4 especies de

arvenses asociadas al cultivo del café individualmente (*Paspalum paniculatum* L, *Bidens pilosa* L, *Emilia sonchifolia* (L) DC. y *Commelina* spp.). Además, 4 niveles de cobertura de cada especie (25, 50, 75 y 100%), un tratamiento testigo libre de arvenses todo el tiempo nivel de cobertura cero (0) y un testigo relativo consistente en el manejo integrado de arvenses (MIA) recomendado por Cenicafé. Se empleó un diseño de bloques al azar con cuatro repeticiones y se evaluó el efecto de los tratamientos sobre la altura y número de cruces de árboles de café de 6 meses de edad de la var. Colombia en el campo y se analizó la presencia o ausencia de árboles con clorosis y ramas secas.

Los resultados parciales permitieron analizar lo siguiente: No

existen diferencias significativas en cuanto a altura y número de cruces de cafetos de 6 meses de edad, entre los tratamientos libre de arvenses todo el tiempo (47,63cm y 4,77 en promedio, respectivamente) y Manejo Integrado de Arvenses (MIA) (47,64cm y 4,96 en promedio, respectivamente), lo cual se muestra en las Figuras 1 y 2, donde al comparar los dos tratamientos se observa que los promedios del nivel de cobertura cero están siempre ubicados dentro del intervalo de confianza del tratamiento Manejo Integrado de Arvenses (MIA) según prueba t al 5%.

Los niveles de cobertura (0, 25, 50, 75 y 100%) de las arvenses *Paspalum paniculatum* y *Bidens pilosa* no tuvieron efecto significativo sobre las variables altura y número de cruces del cafeto según análisis de varianza (Figuras 1 y 2). El tratamiento consistente en Manejo Integrado de Arvenses no difirió estadísticamente de los distintos niveles de cobertura de estas arvenses para las variables altura (49,66 y 42,73cm respectivamente) y número de cruces (5,10 y 3,85) según prueba t al 5% (Figuras 1 y 2).

Los mayores niveles de cobertura (75 y 100%) de *Commelina* spp. no presentaron diferencias estadísticamente significativas en cuanto a las variables altura (44,48 y 46,58cm, respectivamente) y número de cruces del cafeto (4,45 y 4,52) con respecto al nivel de cobertura cero (0) (48,17cm y 4,91 para las dos variables) y el tratamiento

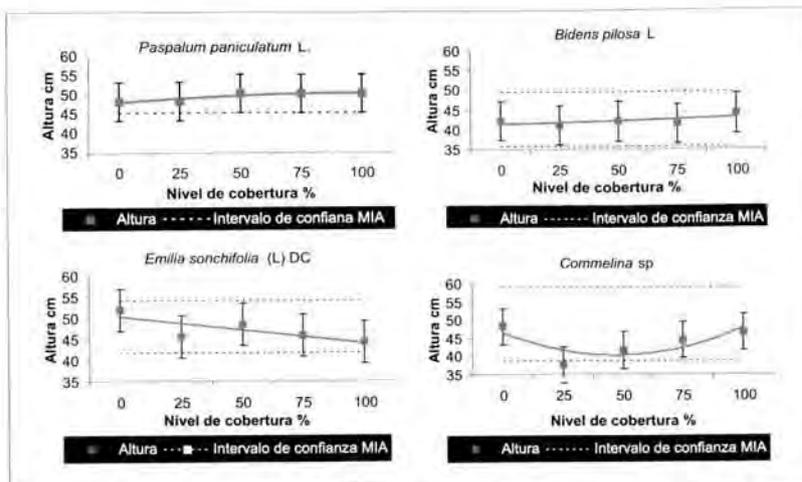


Figura 1. Efecto de cuatro especies de arvenses en diferentes niveles de cobertura y el Manejo Integrado de Arvenses sobre la altura de plantas de café de seis meses de edad.

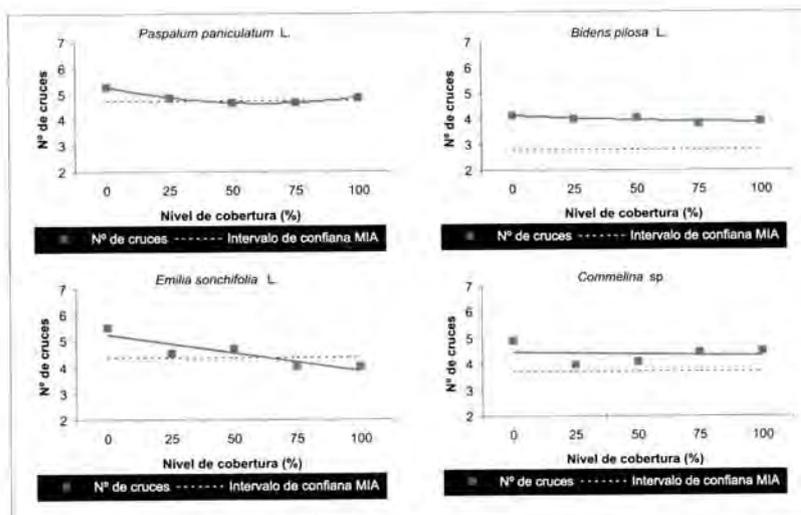


Figura 2. Efecto de cuatro especies de arvenses en diferentes niveles de cobertura y el Manejo Integrado de Arvenses sobre el número de cruces de plantas de café de seis meses de edad sobre el crecimiento de plantas de café de la var. Colombia.

Manejo Integrado de Arvenses (49,02cm y 5,16 respectivamente) (Figuras 1 y 2). Para la arvense *Emilia sonchifolia*, el nivel de cobertura presentó un comportamiento lineal inverso ($Pr > F = 0,01$) sobre las variables altura y número de cruces del café. Para esta planta arvense, los valores obtenidos de altura de café a partir de los niveles de cobertura evaluados

(0, 25, 50, 75 y 100%) fueron 51,96, 45,60, 48,32, 45,79 y 44,09cm respectivamente, los cuales no difirieron estadísticamente del tratamiento Manejo Integrado de Arvenses (48,05cm); sin embargo, los niveles de cobertura 75 y 100% difirieron estadísticamente del nivel de cobertura cero. Los valores promedio de número de

cruces del café obtenidos a partir de los niveles de cobertura 25, 50, 75 y 100% fueron 4,51; 4,68; 4,02 y 4,04, respectivamente. Éstos difieren estadísticamente del nivel de cobertura cero (5,52), siendo los niveles de cobertura 75 y 100% diferentes estadísticamente del tratamiento Manejo Integrado de Arvenses (4,96).

Según análisis descriptivo, los valores más altos de porcentaje promedio de árboles de café con clorosis y ramas secas ocurrieron en los niveles de cobertura 75 y 100% de las arvenses *Emilia sonchifolia* (22,5, 21,5% de plantas de café con clorosis y 7,5, 3,5% de plantas de café con ramas secas, respectivamente) y *Bidens pilosa* (18,75, 15% de plantas de café con clorosis y 1,25 y 5% de plantas de café con ramas secas, respectivamente) (Figuras 3 y 4). Los valores más bajos de porcentaje promedio de clorosis fueron para las arvenses *Commelina* spp y *Paspalum paniculatum* con promedio de 0,31, 3,12%, y no presentaron árboles de café con ramas secas (Figuras 3 y 4). El tratamiento manejo integrado de arvenses y nivel de cobertura cero no evidenciaron diferencias en cuanto a la presencia de clorosis y ramas secas (1,25 y 1,56% de plantas de café con clorosis, y 0,625 y 0,625% de plantas de café con ramas secas, respectivamente). Los resultados preliminares obtenidos permiten sugerir que el manejo integrado de arvenses no interfiere en el crecimiento del cultivo del café a lo

sumo hasta los de 6 meses de edad con respecto al tratamiento libre de arvenses todo el tiempo.

Las arvenses *Paspalum paniculatum*, *Bidens pilosa*, *Commelina diffusa* no muestran interferencia en el crecimiento del cultivo hasta los seis meses de edad, teniendo en cuenta que los platos del árbol deben permanecer libres de arvenses todo el tiempo. La arvense *Emilia sonchifolia* interfiere en el crecimiento del cultivo únicamente en los niveles de cobertura de 75 y 100% con respecto al nivel de cobertura cero (0) y al tratamiento Manejo Integrado de Arvenses.

Hasta el momento no es posible dar conclusiones definitivas sobre el grado de interferencia de cada especie y nivel de

cobertura de arvenses sobre el cultivo del café, hasta tanto se obtengan resultados del efecto de éstas sobre el rendimiento del cultivo comparado con el nivel de cobertura cero (0); estas evaluaciones previas a la producción, permiten hacer seguimiento sobre las etapas críticas de interferencia de las arvenses y muestran tendencias sobre el comportamiento del cultivo del café en asocio con éstas.

Química Agrícola

Fertilidad de suelos y nutrición del cafeto

En la Disciplina de Química Agrícola se adelantan estudios básicos y aplicados sobre la fertilidad de los suelos de la

Figura 3.

Efecto de cuatro especies de arvenses, 5 niveles de cobertura y el MIA sobre el porcentaje promedio de plantas de café de seis meses de edad con síntomas de clorosis.

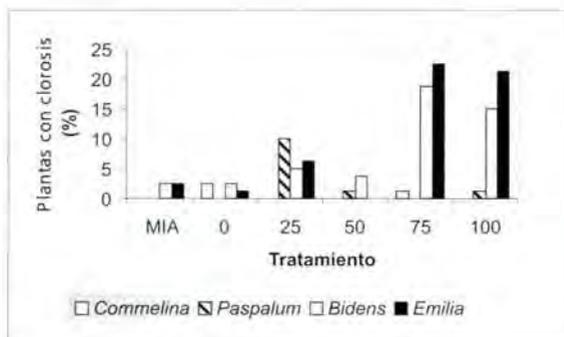
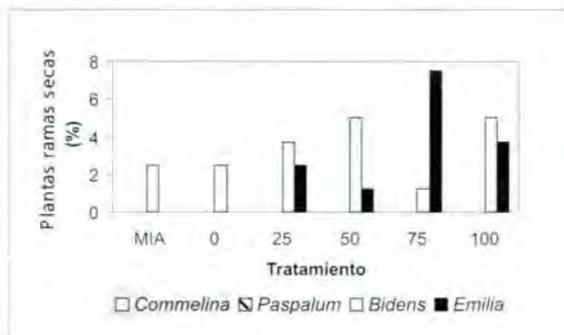


Figura 4.

Efecto de cuatro especies de arvenses, 5 niveles de cobertura y el MIA sobre el porcentaje promedio de plantas de café de seis meses de edad con presencia de ramas secas.



zona cafetera colombiana y de la respuesta del cultivo de café a la fertilización. Se busca incrementar la productividad mediante la generación de nueva información que mejore las recomendaciones de fertilización, teniendo en cuenta la diversidad de las condiciones agroecológicas de la zona cafetera, sin perder de vista los aspectos ambientales. Además se prestan los servicios de análisis de suelos, tejidos, aguas y agroquímicos, tanto a usuarios internos como externos.

Determinación de los niveles críticos de los nutrimentos para el cultivo de café en suelos de la zona cafetera (QAG0318).

Con este experimento se busca evaluar el efecto de la fertilidad natural del suelo sobre el rendimiento de café y determinar el nivel del elemento a partir del cual se podrá suspender la fertilización (nivel crítico), sin causar reducción en la producción. Un análisis posterior permitirá establecer los rangos de fertilidad, tales como alto, medio y bajo. Los nutrimentos que se evalúan son el nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, y los tratamientos se basan en el criterio del elemento faltante.

En el año 2000 se establecieron 50 parcelas experimentales, incluyendo 8 Subestaciones de Cenicafé y 40 fincas de caficultores en 12 departamentos. Al iniciar el año 2001 se suspendieron las evaluaciones en 13 sitios por razones presupuestales, así: 4 en el

departamento de Nariño, 3 en Huila, 3 en el Valle del Cauca y 3 en Caldas. En Nariño no se logró recolectar la primera cosecha representativa y en los demás sitios sólo se tienen los registros correspondientes a una cosecha. Se establecieron 4 nuevos campos experimentales en el departamento del Quindío.

A la fecha se disponen de los registros de cosecha del segundo semestre del año 2000 y del primer semestre del 2001. En el análisis de los resultados, además de evaluar el efecto de la disponibilidad de los elementos en el suelo sobre el rendimiento relativo, también se consideró el sistema del cultivo (a libre exposición solar y semi sombra). En el año 2000 la producción de cafetales a plena exposición solar fue 40% mayor que aquéllos con sombrero parcial. Para el 2001, los resultados a la fecha han sido muy similares.

Las variaciones del nitrógeno total en el suelo fueron explicadas mediante la ecuación
$$\text{Nitrogeno}(\%) = (0,0572 + 0,0238\text{MO}) / (1 - 0,0373\text{MO} + 0,001147\text{MO}^2)$$
, con un $r^2 = 0,90^{**}$. Lo anterior postula nuevamente a la materia orgánica como buen indicador del N total.

El efecto de los tratamientos, especialmente nitrógeno y potasio, se ha incrementado entre un año y otro sin que se presenten efectos significativos de tipo estadístico. La producción promedio en parcelas sin nitrógeno en el año 2000 fue

menor que los demás tratamientos. En términos porcentuales, esta reducción representó el 3% en comparación con el tratamiento que recibió todos los elementos (completo). Para el primer semestre del año 2001 la reducción por la falta de nitrógeno llegó a 14% (Figura 5). El efecto de la fertilización sin potasio en el primer ciclo de evaluación no fue notable, mientras que en el segundo el rendimiento se redujo en 4% (Figura 6). Al excluir el fósforo y el magnesio de los planes de fertilización no se han generado efectos.

Al considerar el efecto de la fertilidad natural de los suelos se pueden vislumbrar algunas tendencias que todavía no son significativas. En los suelos con bajos contenidos de materia orgánica y potasio los rendimientos promedios han sido menores que aquéllos en donde los niveles son altos, siendo más contundentes los resultados para el nitrógeno, indicado a través de la MO (Figura 7).

Se empleó la metodología de modelos lineales discontinuos propuesta por Cate y Nelson (1977), para determinar los niveles críticos.

En el ámbito general, el ajuste de los modelos para los registros de producción de un solo año no ha sido significativo (Tabla 5). Sin embargo, se espera que al completar las tres cosechas contempladas para este experimento se logre obtener mejor ajuste de los

modelos y precisar los niveles críticos para los elementos objeto de este estudio.

Fertilización del café en la etapa de crecimiento vegetativo en la zona cafetera colombiana (QAG 0508).

Se busca evaluar el efecto de la fertilización con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento vegetativo sobre la primera cosecha de café, así como determinar el momento de iniciación de la fertilización y relacionar la fertilización con la materia seca en la planta de café. Los tratamientos consistieron en seis dosis de nitrógeno (0, 92, 184, 276, 368 y 468kg/ha), y tres dosis de potasio (0, 92 y 184kg/ha), aplicados en diferentes épocas del crecimiento vegetativo. Los campos experimentales se establecieron entre 1997 y 1999 en la Estación Central Naranjal y en las subestaciones de Albán, Catalina, Convención, La Unión, El Rosario, Gigante, Libano, Maracay, Marquetalia, Paraguaicito, Sasaima, Floridablanca, Sevilla, Tambo, Pueblo Bello y Supía.

Por motivos presupuestales el experimento se suspendió en el presente año en las subestaciones de Albán, La



Figura 5. Producción promedio de los tratamientos en el año 2000.



Figura 6. Producción promedio de los tratamientos en el año 2001.

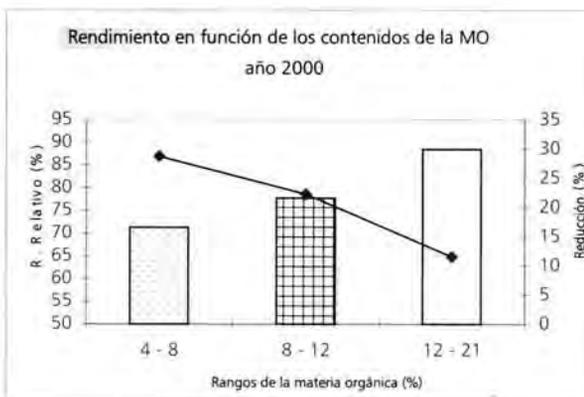


Figura 7 Efecto de la materia orgánica sobre el rendimiento relativo de café en los tratamientos sin fertilización nitrogenada.

Tabla 5. Niveles críticos de materia orgánica, P, K y Mg, obtenidos para la producción acumulada.

Elemento - Indicador	Nivel crítico		Valor del promedio del rendimiento relativo
	Acumulado	Valor Modal	
Materia orgánica	11,6	11,6	78,53
Fósforo	2	2	85,26
Potasio	0,2	0,2-0,3	84,32
Magnesio	1,9	0,6	84,2

Unión, Convención, Marquetalia, y Sevilla. Los suelos donde se instaló el experimento corresponden en su mayoría a inceptisoles y andisoles. Los de gigante (Unidad Cristalina y Santander (Unidad Paujil), son suelos de origen sedimentario. En general los contenidos de materia orgánica varían entre 4,7% en Gigante y 26% en Sasaima. Los contenidos de potasio entre 0,2meq/100g en Naranjal y Sevilla, hasta 1,1meq/100g en Albán. En la actualidad se cuenta con los resultados en trece sitios (Tablas 6 y 7).

De acuerdo al análisis estadístico de la primera cosecha, se encontró respuesta significativa a las dosis de nitrógeno en nueve subestaciones :

Albán, La Unión, Maracay, Marquetalia, Naranjal Paraguaicito, Rosario,

Santander y Sevilla. No se detectaron diferencias en Catalina, Líbano, Gigante y Pueblo Bello.

Para la segunda cosecha se encontró respuesta a nitrógeno en La Catalina, La Unión, Maracay, Naranjal, Santander y Sevilla. No se dispone de registros de la segunda cosecha en Albán y Marquetalia, por la suspensión del experimento. En Paraguaicito y Rosario no se cuenta con la información completa. Con respecto al potasio sólo se presentó respuesta significativa en Naranjal para la segunda cosecha, donde los suelos son deficientes en este elemento (menores de 0,3me/100g). En Gigante y Maracay hubo interacción de N x K en la primera cosecha.

Las respuestas a las dosis

evaluadas de nitrógeno fueron de tipo lineal. Se infiere que posiblemente faltó incluir tratamientos con niveles más altos de Nitrógeno.

Fertilización de café con nitrógeno y potasio en la etapa de crecimiento reproductivo en los distintos suelos de la zona cafetera (QAG 0507).

El objetivo de este experimento consiste en determinar el efecto de diferentes dosis de nitrógeno y potasio sobre la producción de café y su relación con la disponibilidad de estos elementos en el suelo. Lo anterior permitirá determinar las funciones de respuesta a los elementos en estudio y ajustar la recomendación de nitrógeno y potasio con base en el análisis de suelos.

El diseño del experimento es un factorial de 3x3 (0, 150 y

Tabla 6. Promedios y variación de la producción en gramos de café cereza de diez árboles.

Subestación	Año	Dosis de nitrógeno (kg-ha)						PROM.	CV (%)
		0	92	184	276	368	460		
Albán	2000-2001	3483	3682	4113	3983	5537	5245	4341	65,7
Catalina	1998-1999	12822	15541	14399	14294	14441	15227	14454	44,4
	1999-2001	19970	23049	22609	24392	25879	25239	23523	24,9
La Unión	1999-2000	8225	8219	10215	10534	11842	12330	10227	44,9
	2000-2001	8842	10842	11642	11308	11728	12609	11162	32
El Rosario	2000	10293	13282	15212	17973	16898	19878	15589	39,1
Gigante	1998-1999	5279	6016	6052	5785	5379	5628	5690	48
	1999-2000	11563	12537	11493	12240	14127	12813	12462	35,5
Líbano	1999-2000	10345	11016	10506	11991	11794	13056	11451	39,4
	2000-2001	13164	13849	14519	13786	14661	15756	14289	29,3
Maracay	1999-2000	7144	9221	9439	11598	13412	13371	10698	51,1
	2000-2001	10057	11802	12826	11897	13373	13250	12201	35,2
Marquetalia	2000-2001	6012	5799	7364	6744	7544	6947	6735	38,2
Naranjal	1998-1999	5456	6062	5720	8399	8505	8397	7090	43,7
	1999-2000	7683	8075	8843	8518	9503	9034	8609	26,9
Paraguaicito	2000-2001	8259	9082	10034	11729	11272	11715	10348	30,9
Santander	1999	2367	2295	3214	4682	4684	6368	3935	91,4
	2000	6972	7706	8094	8834	9642	11468	8786	56,7
Sevilla	1999	5438	6616	7095	8387	9157	9370	7677	50
	2000	7906	10267	10249	10556	11056	10434	10078	31,3
P. Bello	1998-1999	26505	31529	31406	31912	29427	29781	30093	85,6
	1999-2000	24155	26115	23624	24364	21585	21362	23534	35,5

Tabla 7. Promedios y variación de la producción en gramos de café cereza de diez árboles en las subestaciones experimentales.

Subestaciones	Cosecha	Dosis de potasio (kg-ha)			Prom.	C.V (%)
		0	92	184		
Albán	2000-2001	4685	3976	4361	4341	65,4
Catalina	1998-1999	14204	14860	14297	14453	44,4
	1999-2000	24102	23948	22520	23523	24,9
La Unión	1999-2000	9772	10506	10404	10227	44,9
	2000-2001	10692	11327	11466	11162	32
El Rosario	2000	14838	15723	16206	15589	39,1
Gigante	1998-1999	5602	6020	5448	5690	48
	1999-2000	12948	12868	11570	12462	35,5
Libano	1999-2000	12.025	11673	10656	11451	39,4
	2000-2001	14978	13610	14279	14289	29,3
Maracay	1999-2000	10414	11205	10474	10698	51,1
	2000-2001	12372	12178	12053	12201	35,2
Marquetalia	2000-2001	7049	6507	6650	6735	38,2
Naranjal	1998-1999	6551	7577	7142	7090	43,7
	1999-2000	6660	8653	10515	8609	26,9
Paraguaicito	2000-2001	9842	11550	9653	10348	30,9
Santander	1999	4293	3697	3814	3935	91,4
	2000	9720	8270	8368	8786	56,7
Sevilla	1999	7698	7639	7693	7677	50
	2000	10102	9966	10166	10078	31,3
P. Bello	1998-1999	30254	29411	30615	30093	85,6
	1999-2000	23426	22726	24450	23534	35,5

300kg/ha de N y K), con el diseño de bloques al azar. Los campos experimentales se instalaron a partir de agosto de 1998 en 17 subestaciones. Posteriormente se suspendieron en siete sitios por problemas presupuestales. En la actualidad se encuentra vigente en las subestaciones de La Catalina, Libano, Maracay, Naranjal, Paraguaicito, Sasaima, Santander, El Tambo, El Rosario y Pueblo Bello.

Se iniciaron las determinaciones de contenido de nitratos en el suelo por el método de RQ-flex, a los 0, 20, 30, 60 y 180 días después de realizada la aplicación de los tratamientos. Con estos valores se calcula en contenido de N-Nitratos disponible en los respectivos suelos. Aunque los datos

disponibles no permite hacer un análisis estadístico, se observa un incremento de los contenidos de N disponible diez días después de su aplicación. En varias granjas se observan síntomas visuales de deficiencia de nitrógeno en las parcelas donde no se ha aplicado este elemento.

Efecto de la fertilización con calcio en la producción y calidad del café - (QAG 0313). Se busca determinar la respuesta del cafeto a la fertilización con calcio soluble en suelos de la zona cafetera y definir la dosis más adecuada, desde el punto de vista de la producción y calidad del café. Los tratamientos incluyen cuatro dosis de CaO (0, 48, 96 y 192kg/ha), utilizando una fuente de alta solubilidad

(Nitrabor), los cuales se comparan con una fuente de calcio de lenta solubilidad (cal agrícola) y un testigo sin aportes de este elemento. Este experimento se encuentra instalado en Naranjal, Paraguaicito, El Rosario y Santander, en suelos con contenidos de calcio que varían entre 0,7 y 5,3meq/100 de suelo. Los tratamientos se iniciaron en el presente año. Al analizar la producción de nueve meses, no se encontró efecto de los tratamientos en los sitios estudiados.

Efecto del magnesio en la producción y calidad del café (QAG 0310). El problema del magnesio en el cultivo del café cobra vigencia en razón de la presencia de deficiencia generalizada en los cultivos, debida a la carencia de este

elemento en el suelo y a la aplicación reiterada de potasio. Con el presente trabajo se persigue evaluar el efecto de 3 dosis de Mg (0-30-60kg/ha) sobre la producción y calidad del café. Adicionalmente se estudiará el efecto de los tratamientos sobre las concentraciones de K, Ca y Mg en el suelo, así como evaluar la capacidad de restitución de Mg en los suelos.

Se inició la aplicación de los tratamientos las subestaciones La Catalina, Sasaima, Libano, El Rosario, El Tambo y Estación Central Naranjal. El experimento ubicado en la subestación de Floridablanca (Santander) se suspendió por mal desarrollo de las plantas y pérdida de plantas efectivas. Igualmente los ensayos de Gigante, Convención se suspendieron por falta de presupuesto.

En los meses de febrero, mayo, agosto y noviembre se realizan los muestreos foliares. Igualmente se determinan por cromatografía iónica los contenidos de cationes (K, Ca y Mg) en la solución del suelo.

De acuerdo a las observaciones en campo son visibles los síntomas de deficiencias en suelos deficientes en magnesio (0.25meq/100g), y en los tratamientos sin aplicación de este elemento. Por el contrario, las parcelas que reciben aportes de Mg, se encuentran en excelente estado de desarrollo y no presentan deficiencias. Estas aplicaciones han elevado el contenido del Mg foliar.

Hasta el momento no se tienen registros de producción.

Comparación de varias fuentes de fertilizantes en la producción y calidad del café (QAG 0320). El objetivo del experimento es evaluar la factibilidad económica del uso del nitrato de potasio en la producción y calidad del café y contribuir en mejorar la recomendación actual de fertilizantes para café. Los tratamientos son seis y comprenden la aplicación del KNO_3 en proporciones que van del 25 al 100% de la dosis total de N y K, aplicadas por ha/año. Como testigo se utiliza la mezcla de urea, DAP y KCl. Este experimento es financiado por Hydro Agri de Colombia.

Se presentaron ante el comité de investigaciones algunas modificaciones a los tratamientos, las cuales fueron aprobadas. Este experimento se inició en el presente año en las fincas La Siria (municipio de Quimbaya - Quindío) y en la finca Calamar - Restrepo (municipio de Chinchiná - Caldas). Se dispone de registros de recolección de nueve meses en la finca La Siria. No se encontró efecto de los tratamientos.

Efecto de fuentes solubles de magnesio y azufre en la producción y calidad del café (QAG 0321). Se busca evaluar el efecto del magnesio y el azufre en la producción y calidad del café. Se están evaluando cuatro dosis de Mg (0, 30, 60 y 90kg/ha). Como

fuentes se emplean el óxido y el sulfato de magnesio. Las dosis de azufre son 0, 24, 48 y 72kg/ha, utilizando como fuente el sulfato de amonio. Este experimento es financiado por las empresas Kali Und Salz y Monómeros Colombo Venezolanos, y se encuentra instalado en Naranjal, La Catalina y Santander. Las plantas están en la etapa de crecimiento vegetativo, con edades entre cuatro y diez meses en campo. Para el mes de diciembre está programada la iniciación de tratamientos.

Efecto de fuentes y dosis de potasio en la producción y calidad del café (QAG 0322). Este experimento se inició en el mes de agosto del presente año y su objetivo es conocer el efecto de dosis y fuentes de potasio en la producción y calidad de la bebida en función de la actividad de la enzima Polifenol oxidasa, índice de color y acidez total. Los tratamientos se componen de cuatro dosis de potasio (0, 100, 200 y 400kg/ha) y como fuentes se utilizan el sulfato y cloruro de potasio.

En razón de la falta de disponibilidad de un lote adecuado para este experimento en las subestaciones en las cuales fue programada su instalación, el ensayo fue instalado en las fincas La Siria (Quimbaya) y Calamar Restrepo (Chinchiná), previa autorización del comité de investigación. Los tratamientos se aplicaron en el mes de septiembre del presente año. Falta por definir otro sitio en reemplazo de la Subestación La

Catalina donde no hay un lote de café adecuado para ello. Este experimento es financiado por la Empresa Kali Und Salz.

Respuesta del plátano a la fertilización catiónica en suelos derivados de cenizas volcánicas de la zona cafetera central. La disponibilidad de los cationes para la nutrición de las plantas es variable en los suelos derivados de cenizas volcánicas de la zona cafetera central. Un seguimiento en el tiempo, a través de dos ciclos del cultivo de plátano variedad Dominico-Hartón, ha permitido evaluar la variación estacional de los cationes en el complejo de intercambio y en las aguas gravitacionales, y estimar pérdidas de fertilizantes por lixiviación, en función de las propiedades de adsorción de las unidades de suelo antes mencionadas. Los resultados de esta investigación han sido presentados en informes anteriores. El objetivo del actual informe es mostrar los resultados finales de la evaluación de la respuesta del cultivo a la fertilización en función del tipo de suelo. Para dicha evaluación, una parcela testigo fue comparada con otra que recibió 230kg de N, 96kg de P_2O_5 , 460kg de K_2O , 480kg de MgO y 64kg de CaO anuales por hectárea, fraccionados en 12 aplicaciones.

Las plantas de plátano de las parcelas experimentales instaladas en la unidad Chinchiná (Estación Central Naranjal, Chinchiná) y Fresno (Subestación Santa Helena, Marquetalia) mostraron un

crecimiento más heterogéneo, un menor tamaño, un ciclo del cultivo más largo y una producción más baja, con respecto a las plantas de las parcelas establecidas en las unidades Líbano (Subestación La Trinidad, Líbano), Montenegro (Subestación Maracay, Quimbaya) y Chinchiná (Subestación Paraguaicito, Buenavista).

Se observó una importante variación temporal de la concentración de elementos foliares ligada al estado fisiológico de las plantas. La concentración más baja de N y K en la hoja III se presentó durante el período de cosecha. Este comportamiento puede deberse a la mayor translocación de elementos al racimo durante el llenado del fruto. El fósforo foliar presentó poca variación (0,1-0,2%) y no se incrementó por efecto de la fertilización. El N mostró niveles adecuados en las plantas de ambas parcelas en todas las localidades (2-4%), indicando una buena disponibilidad del elemento en el suelo. El K y el Mg explicaron mejor las diferencias en el desarrollo del cultivo observado en las cinco localidades: El K presentó los niveles más bajos en ambas parcelas de Naranjal (1-2%), contrastantes con los niveles más altos encontrados en las plantas de ambas parcelas de Paraguaicito (2-4%). El magnesio fue el único elemento que presentó un incremento sistemático en la hoja III como consecuencia de la fertilización en todas las localidades consideradas. Este incremento es más importante en las plantas

cultivadas en Naranjal y Santa Helena, generando incluso un desequilibrio con el K, que puede estar asociado con el bajo desempeño agronómico del cultivo, a pesar de las prácticas de fertilización. El desarrollo más pobre de las plantas que no reciben fertilización se observó en estas dos localidades, lo cual coincide con los niveles más deficientes de Mg foliar (<0,2%).

La Figura 8 muestra los resultados de producción evaluados a través del peso de racimo. En Naranjal, Santa Helena, Líbano y Montenegro se encontró respuesta a la fertilización, aunque el grado de respuesta fue superior en las dos últimas localidades. Sin embargo, en Naranjal y Santa Helena la ausencia de fertilización incidió claramente en una mayor susceptibilidad de las plantas de la parcela testigo a plagas y enfermedades y, en consecuencia, en la imposibilidad de continuar con un segundo ciclo, debido a la mayor mortalidad de plantas y el crecimiento de retoños poco vigorosos.

En Paraguaicito no hubo respuesta a la fertilización, e inclusive las variables de crecimiento mostraron una ligera disminución en la parcela que recibió los fertilizantes.

Los resultados obtenidos permiten validar los estudios de las propiedades de adsorción del suelo con respecto a la predicción de la disponibilidad de cationes para la planta. En este seguimiento del comporta-

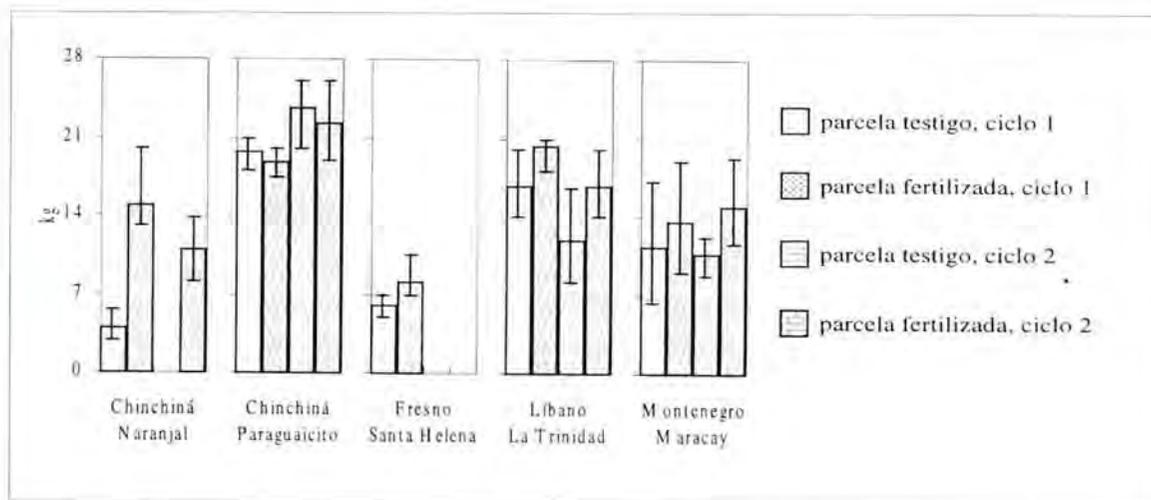


Figura 8. Peso promedio del racimo de nueve plantas de plátano variedad Dominico-hartón.

miento estacional de los cationes bajo sistema de cultivo, la fertilización aplicada fue intensiva con el fin de propiciar condiciones extremas para la evaluación de la lixiviación. Dosis más equilibradas de fuentes de potasio y magnesio deben evaluarse en los suelos donde se presentó respuesta positiva a la fertilización, con el fin de hacer ajustes que permitan mejorar la nutrición catiónica del cultivo del plátano en la zona cafetera central.

Caracterización edafológica de los Ecotopos Cafeteros de Colombia (QAG 0801).

Una de las estrategias de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia para cumplir con su visión de lograr una caficultura organizada, sostenible y mundialmente competitiva ha sido la generación de conocimientos que permitan incrementar la productividad del cultivo de café. Los estudios encaminados hacia la evaluación de la oferta ambiental, enmarcados dentro de los

proyectos de caracterización Edafológica y Climática de los Ecotopos cafeteros, han constituido una de las herramientas importantes dentro de estas estrategias.

La agrupación de sitios similares por sus condiciones ambientales, resultante de estos estudios, ha permitido integrar los diferentes factores que determinan el potencial de producción, tanto en café como en otros cultivos. A partir del año 2000 dicha caracterización, que se venía desarrollando directamente por la Oficina Central, pasó a tener carácter de "experimento" y ser manejado por la Disciplina de Química Agrícola en Cenicafé. Posteriormente, y debido al ajuste presupuestal del Centro, se suspendieron dichos estudios. Sin embargo, en el periodo correspondiente al año cafetero 2000-2001 se completó la información correspondiente a la seccional "Occidente cercano" en el departamento de Antioquia, abarcando los Ecotopos 101A (municipio de

Urrao), 101B (municipios de Caicedo y Santa Fe de Antioquia), 102B (municipio de Anzá) y 201A (municipios de Sabanalarga, Liborina, Olaya, Sopetrán, San Jerónimo y Ebéjico, así como el corregimiento de Palmitas del municipio de Medellín) con una extensión total de 84.670 hectáreas.

El desarrollo de este trabajo se adelantó con la colaboración oportuna y decidida del Servicio de Extensión del Comité de Cafeteros de Antioquia, orientado y dirigido por el jefe de la división técnica de Antioquia y el jefe seccional de Betulia, quien fue asignado por la División Técnica para tal efecto.

Participaron además directamente los técnicos respectivos del Servicio de Extensión en cada una de las áreas trabajadas y en muchas ocasiones los agricultores. Como resultado de este estudio el Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia y en general todas las

entidades del sector dispondrán de un documento básico y técnico de parte de la zona cafetera antioqueña, que servirá de soporte para adelantar programas tales como:

- Reordenamiento de la zona cafetera, incluyendo determinación de áreas para cafés especiales.

- Selección de áreas para programas de diversificación.

Recomendaciones de uso y manejo para cada una de las áreas clasificadas de acuerdo a la potencialidad agrícola.

- Planes de ordenamiento municipal.

Contenido y variabilidad espacial del nitrógeno disponible en dos Andisoles de la zona cafetera, fertilizados y sin fertilizar (QAG 0515).

Con el propósito de determinar la distancia óptima de la toma de submuestras de suelo para el respectivo análisis, se estudió la estructura de la variabilidad espacial del $N-NO_3$ y de algunas propiedades del suelo en tres estaciones experimentales de Cenicafé (Naranjal, Paraguaicito y Maracay), y una finca cafetera (San Roque en el departamento de Risaralda). Los suelos fueron Andisoles, correspondientes a las unidades Montenegro y Chinchiná. El área de estudio en cada uno de los sitios fue una hectárea, homogéneos en paisaje y fisiografía, sembrado en café a plena exposición solar y fertilizados dos veces al año.

El muestreo se realizó en forma sistemática cada 10m, a 30cm

del tallo de café y a una profundidad de 25cm. En total se colectaron 100 muestras por localidad. Para el estudio de la información obtenida se realizaron análisis geoestadísticos y descriptivos que permitieron conocer la variabilidad asociada a las propiedades evaluadas, con el propósito de definir el número de submuestras que conforman una muestra representativa del lote.

La semivarianza del $N-NO_3$, en tres de las cuatro localidades se caracterizó por presentar un aumento lineal con respecto a la distancia, es decir, a mayor distancia mayor semivarianza, lo que indica que el área utilizada para describir la variabilidad no fue suficiente y que la distancia en la que la semivarianza se estabiliza, está muy cerca o por fuera de la máxima separación entre muestras (Figura 9). Para las otras propiedades del suelo analizadas la distancia promedio se encontró entre 40 y 70 metros.

La mayoría de las propiedades analizadas se caracterizaron por presentar una distribución estadística asimétrica a la derecha, de acuerdo con los valores de tendencia central. En este tipo de distribución, el valor de la media es mayor que la mediana y que la moda debido a la presencia de pocas muestras con un nivel mayor que el valor promedio. La variabilidad asociada a la estimación del promedio (coeficiente de variación) indica que en un área determinada se encuentran contenidos de los elementos por debajo o por encima de éste. Por tanto, para tomar cada una de las submuestras que conforman la muestra de suelo se debe tener cuidado de recorrer todo el lote, y de este modo, conformar una muestra compuesta representativa para evaluar las diferentes propiedades del suelo que sirven de guía para las recomendaciones de fertilizantes y/o enmiendas.

Evaluación de métodos químicos para análisis de

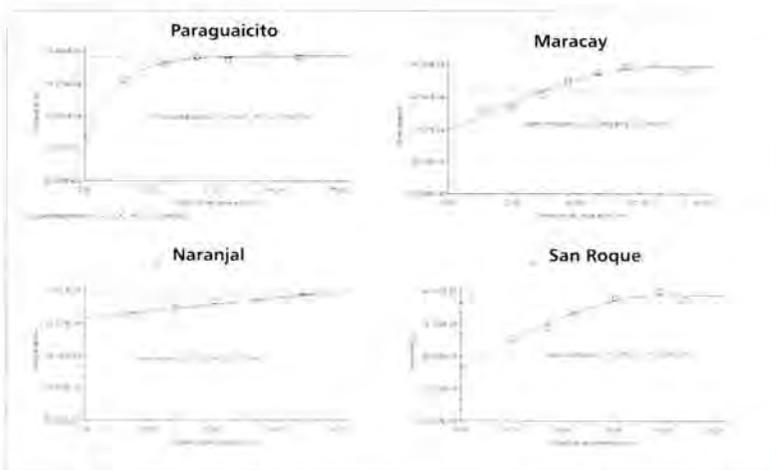


Figura 9. Comportamiento de la semivarianza con respecto a la distancia para el $N-NO_3$ en las localidades estudiadas.

aluminio en suelos con propiedades ándicas de la zona cafetera colombiana - QAG 0118. La acidez del suelo se ha visto que es una limitante en la producción de cultivos, puesto que se asocia con infertilidad. Los suelos de la zona cafetera colombiana, tienen gran influencia volcánica, lo que hace que presenten una reacción ácida (Tabla 8). Con este trabajo se pretende explicar las fuentes de acidez de los Andisoles de la zona cafetera colombiana, mediante la utilización de diferentes métodos químicos, así como también comprobar si el Aluminio que se extrae con los métodos tradicionales, que utilizan KCl IM como solución extractora, es tóxico para las plantas. Para lograr los objetivos propuestos se realizaron seis actividades, relacionadas con los diferentes componentes de las fases sólida y acuosa del suelo que fueron considerados como posibles fuentes de acidez. Igualmente se consideró el efecto que la materia orgánica ejerce sobre el suelo, como agente acidificante o también como un factor complejante en el mismo. Una de las bases utilizadas para comprobar la teoría de la acidez de los suelos es la cuantificación de la toxicidad del aluminio, especies tóxicas como aluminio polimérico y otras menos tóxicas como complejos Al-F y Al-MO; también se quiso establecer el aporte de la solución del suelo sobre la acidez de éste, con iones que son

de naturaleza ácida y la caracterización de la acidez de los lixiviados del suelo, basándose en el movimiento de solutos, haciendo énfasis en las interacciones de los procesos físico químicos que ocurren en el suelo. Actualmente los resultados del estudio se encuentran en la fase de análisis.

Fertilización foliar

Efecto del fertilizante CEN sobre el crecimiento de plantas de café en almacigo (FIT 0111). De acuerdo al interés expresado a la Federación de Cafeteros por parte de la compañía SAHCO Comercializadora - Olympus, para analizar en campo el fertilizante Biomolecular CEN, se llevó a cabo un ensayo en La Estación Central Naranjal de Cenicafé, en el cual se evaluó el efecto de la aplicación foliar del producto CEN sobre el crecimiento de plantas de café en

almácigo. Como patrón de referencia se tomó un tratamiento de suelo solo y suelo con adición de materia orgánica (pulpa de café descompuesta), siendo este último tratamiento el que normalmente se emplea en la producción de almacigos de café.

El análisis estadístico de los resultados de acuerdo con el diseño experimental utilizado para el ensayo muestra diferencias altamente significativas entre los sustratos suelo sin adición de materia orgánica y suelo con adición de ésta, independiente del tratamiento foliar aplicado. No se observaron diferencias estadísticas al comparar los tratamientos dentro de cada uno de los sustratos utilizados. Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios llevados a cabo en Cenicafé y en los cuales se ha demostrado que la adición de materia orgánica descompuesta, principalmente pulpa de café, al suelo que se utiliza para el llenado de las bolsas del

Tabla 8. pH, y los contenidos de Materia orgánica (MO) y Al en los suelos bajo estudio.

Unidad de Suelo	Muestra	pH agua(1:1)	MO (%)	Al me/100g
Chinchiná	Palestina - Caldas	5,1	11	0,6
Chinchiná	Chinchiná - Caldas	5,6	10,4	0,2
Chinchiná	Jericó - Antioquia	5,5	20,9	0,8
Chinchiná	Andes - Antioquia	5,2	16,2	1,2
Chinchiná	Jardín - Antioquia	5,6	22,6	0,6
Chinchiná	Jardín - Antioquia	4,9	24,8	3,3
Chinchiná	Concordia - Antioquia	5,1	18,4	2,3
Chinchiná	Venecia - Antioquia	4,5	24	3,5
Timbío	El Tambo - Cauca	5,5	21,2	0,9
Timbío	Popayán - Cauca	4,9	16,9	1,2
Timbío	Timbío - Cauca	5,3	18	1
Timbio	El Tambo - Cauca	5,3	18,3	1
Piendamó	Piendamó - Cauca	5,2	22,5	0,2

almácigo, es la mejor forma de obtener plantas de óptima calidad.

Servicio de análisis

Material vegetal y bromatológico. Se realizaron 23.627 determinaciones correspondientes a 2.715 muestras. El 73,22% de los análisis fueron solicitados por la Disciplina de Química Agrícola, seguido por Fitopatología, Fitotecnia e Industrialización con un porcentaje de 9.91, 5.45 y 5.38 respectivamente. El 5,19% de las muestras analizadas corresponden a particulares, para cultivos como aguacate, guanábana, cítricos, macadamia, piña, café y pastos. Los alimentos a los que se les realizó el análisis bromatológicos fueron muy variados.

Siendo conscientes de la gran responsabilidad del Laboratorio de Química Agrícola de Cenicafé, al realizar análisis con fines investigativos y prestación de servicio a particulares, se iniciaron actividades ligadas a un Aseguramiento de la Calidad enmarcada con las normas Nacionales e Internacionales de igual manera el establecimiento de Buenas Prácticas de Laboratorio. Toda la documentación se encuentra organizada en el Manual de Calidad.

Residuos de plaguicidas. Con el objetivo de evaluar los residuos de plaguicidas se

llevaron a cabo 871 determinaciones, correspondientes a 57 muestras, en su mayoría procedentes de la Oficina de Calidad de Café – Bogotá y algunos Comités Departamentales de Cafeteros (Caldas, Cundinamarca y Nariño). Los insecticidas monitoreados fueron: Organoclorados (BHC con su isómero Lindano, Clorpirifos, Clorpirifos metil con su metabolito Clorpirifos metil norto análogo, Heptacloro, Aldrin, Endosulfan (I+II), Endosulfan lactona, Endosulfan sulfato, DDE, DDT y Dieldrin). Se colaboró con el servicio de análisis para una tesis de Ingeniería de Alimentos (Universidad de Caldas), realizada en tomate y en el experimento cultivo del hongo Shitake en fincas piloto QIN3603.

Suelos y Agroquímicos. Se analizaron 5.627 suelos para un total de 46.891 determinaciones. El 65,3 % de las muestras corresponden a proyectos de Cenicafé y el 34,7% a agricultores. El número de muestras analizadas fue 25% menor que el año anterior. Con relación a los agroquímicos, se evaluaron 6 fertilizantes y 2 cales agrícolas para 44 determinaciones.

Se destaca la decisión de realizar el servicio de los análisis de Suelos y Agroquímicos por medio de un servicio externo (outsourcing). A partir de junio 1 del presente año este servicio se viene prestando por Multilab Agroanalítica, empresa que funciona en las instalaciones del Laboratorio de Química

Agrícola. El personal técnico de Multilab Agroanalítica está conformado por los mismos profesionales que laboraban en dicho laboratorio, y se conservan los criterios de calidad en los resultados que se han manejado en Cenicafé. Se atienden las solicitudes de investigadores del Centro, Comités de Cafeteros, agricultores y particulares en general.

Fitotecnia

Crecimiento del cafeto y manejo de cafetales

Crecimiento del cafeto en diferentes latitudes

Cuantificación de la floración, cuajamiento y crecimiento del fruto en las subestaciones experimentales de Cenicafé (FIS 0523). Con el objeto de definir criterios, métodos y modelos que permitan permanentemente y en forma cuantitativa el monitoreo de la floración del cafeto, 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 1,42m x 1,42m. Hasta el momento de

este informe han transcurrido entre 1323 y 1738 días (44-58 meses) desde la siembra. En este informe se reportan resultados hasta los 1620 dds (54 meses).

Las mediciones de crecimiento vegetativo (altura y número de cruces) hasta los 1620 localidades varió entre 154,99cm (El tambo) y 286,95cm (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 periodos de incrementos y disminuciones, de acuerdo a la disponibilidad hídrica y energética de cada localidad. Las plantas crecieron entre 1,4 y 3,1cm, en promedio por mes, dependiendo de cada localidad y del estado de desarrollo. Actualmente (1.620 dds), ya se observa una menor tasa de incremento.

El número promedio de cruces en las diferentes localidades, hasta los 1620 días, varió entre 38 (Valle) y 75 (Paraguaicito). Entre los 1260 y 1620 dds, las plantas produjeron entre 0,5 y 1,4 cruces promedio por mes, dependiendo de cada localidad y del estado de desarrollo de la planta. En la Figura 10 se presenta el crecimiento en altura y la formación de cruces hasta los 1.620 dds.

Comportamiento de la floración. En cada localidad se marcaron entre julio y agosto de 2000, 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 2001. El mayor número de flores se observó en las localidades en el siguiente orden: Pueblo Bello (42.780), Maracay (32.738), Santander (32.615), Naranjal (31.542), La Unión (30.431), Paraguaicito (30.412), Gigante (30.191), El Rosario (26.832), Marquetalia (25.004), El Líbano (24.885), La Catalina(23.879), La Sirena (22.032), Convención (21.503), Cenicafé (21.444), El tambo (19.854), Alban (17.176), Santa Bárbara (16.700). Albán (presenta un año menos de edad).

El comportamiento quincenal de la floración y su relación con el balance hídrico decadal (Figura 11), permite establecer

4 patrones de floración así:

Patrón 1. En La Unión y El Tambo, se presentaron periodos secos definidos entre junio y octubre lo cual indujo la ocurrencia de floraciones importantes en septiembre y noviembre. Aunque en Gigante y Paraguaicito también se presentaron estos periodos secos, la respuesta en floración no fue muy marcada entre julio y noviembre y ocurrió más marcada hacia el comienzo del 2001. Después de noviembre de 2000, la presencia de periodos secos fue también importante, lo cual condujo a floraciones altas para el primer semestre de 2001.

Patrón 2. En La Sirena, Libano y Santa Bárbara ocurrieron periodos secos menos definidos entre junio y octubre lo cual indujo

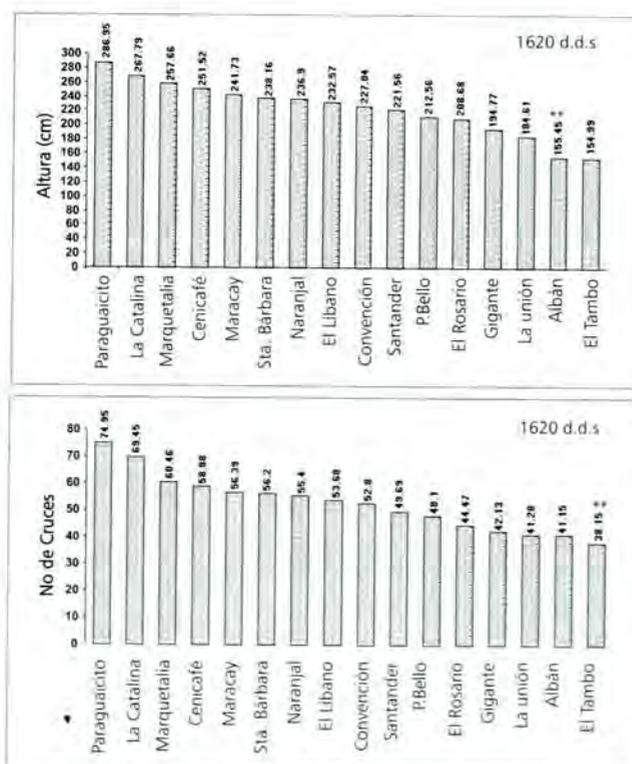
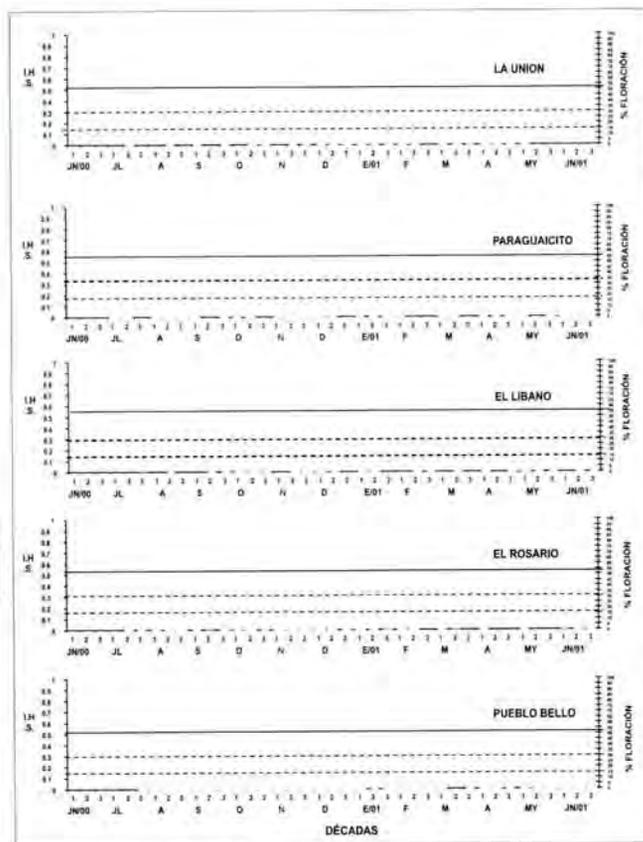


Figura 10.

Altura y N de cruces hasta los 1620 dds

**Terminó a los 1290 dds (nueva siembra)

Figura 11.
Comportamiento decadal de la floración y su relación con el índice de humedad del suelo, en el período Junio/00-Junio/01. FIS 0523



floraciones dispersas durante todo el período de observación.

Patrón 3. En Marquetalia, Maracay, Valle, La Catalina, Naranjal, Cenicafé y El Rosario prácticamente no se presentaron períodos secos marcados entre julio/00 y junio/01 lo cual indujo la ocurrencia de floraciones moderadas y dispersas para ambos semestres, aunque en el primer semestre de 2001 hubo algunas floraciones de importancia.

Patrón 4. En Santander, Convención y Pueblo Bello, aunque se presentaron algunos períodos secos entre junio y noviembre del 2000, las floraciones en este período estuvieron prácticamente ausentes. Entre diciembre y

abril hubo períodos secos muy definidos lo cual indujo la ocurrencia de floraciones importantes en este período, con mayor concentración en la localidad de Pueblo Bello. Las floraciones en Santander son más tempranas que en Convención y Pueblo Bello.

Producción de café cereza. Hasta los 1.650 dds la producción registrada (Kg de café cereza por planta) ocurrió en el siguiente orden de importancia: Paraguaicito (15,9), Santander (14,1), El Líbano (13,8), Naranjal (12,7), Cenicafé (12,6), Pueblo Bello (12,5), Maracay (12,4), El Rosario (11,6), Marquetalia (11,5), Gigante (11,4), La Unión (10,1), La Catalina (9,6), Santa Bárbara (8,5), El Tambo (7,1), Conven-

ción (6,1), Albán (5,4, van transcurridos 1.188 dds), La Sirena (0,49, suspendido a los 615 dds). En general, se observó durante todo el período que las localidades donde se manifiestan más acentuadamente las deficiencias hídricas (por ejemplo, al norte y al sur, hay tendencia a menor producción. En la Figura 12 se observa la distribución de la cosecha para seis localidades contrastantes.

Relación entre el índice de humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto. Al relacionar gráficamente, de manera decadal, el índice de humedad del suelo, la floración y el desarrollo del fruto, se puede hacer un estimativo del efecto del déficit hídrico sobre el fruto de acuerdo a su estado de desarrollo. En las Figuras 13 y 14 se presenta la relación entre las variables anotadas para las localidades Naranjal y Paraguaicito. Estas Figuras se interpretan de la siguiente manera:

1. Floración. En el eje de la ordenada se tiene en forma cuantitativa la floración decadal.

2. Índice de humedad del suelo. En el eje superior se tiene el índice de humedad del suelo decadal. Si este índice está entre 0,8 y 1,0, se considera que no hay problema de disponibilidad de agua para la planta. Valores del índice entre 0,6 – 0,8 indican un déficit hídrico moderado. Índices de humedad del suelo por debajo

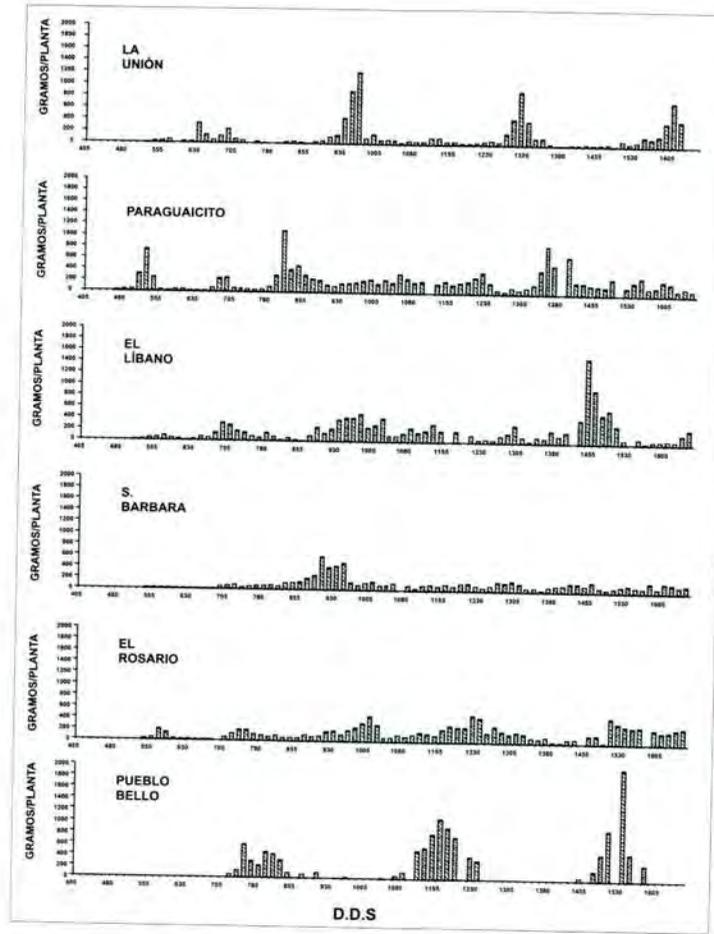


Figura 12. Producción de café cereza (gramos/planta) hasta los 1650 dds FIS 0523.

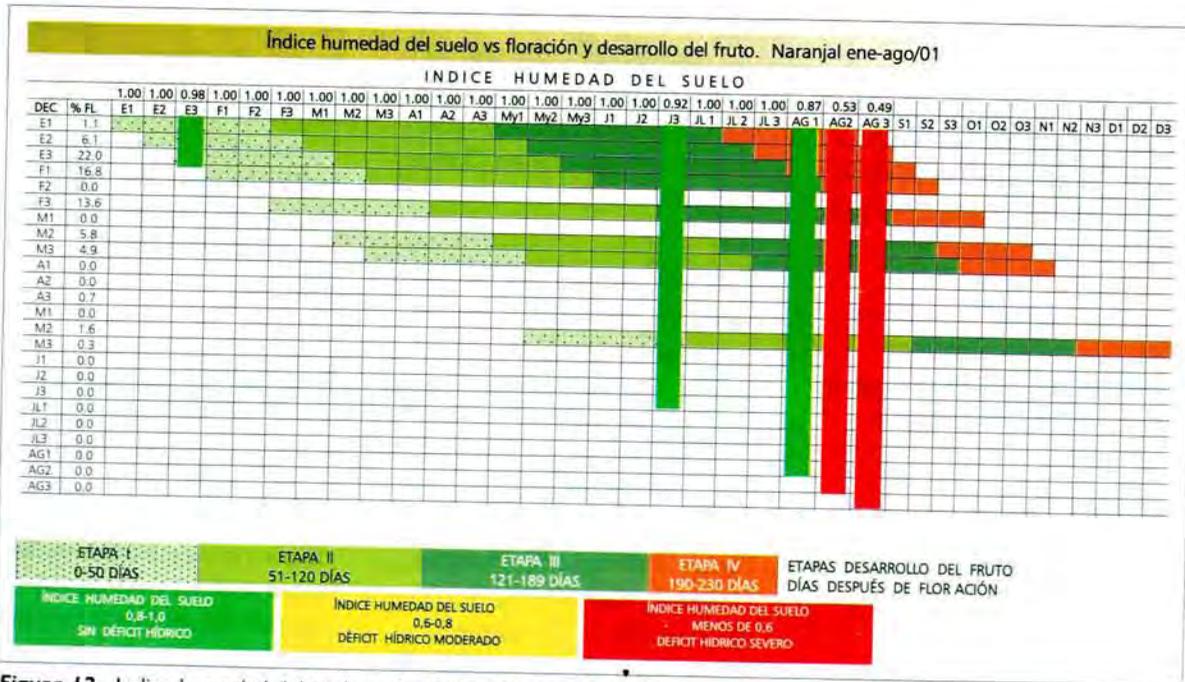


Figura 13. Indice humedad del suelo vs floración y desarrollo del fruto

suelos de baja capacidad de retención de agua si se pudo afectar el desarrollo del fruto.

Manejo de cafetales

Optimización de los sistemas de siembra de cafetales

Sistemas de obtención del número de plantas por sitio y su efecto en la producción de café (FIT 0204). Entre los objetivos de la disciplina de Fitotecnia se busca desarrollar formas de obtener altas densidades de siembra, con una reducción significativa en los costos. Con este propósito, la disminución del número de sitios de siembra combinada con el aumento de número de tallos por sitio es una estrategia muy promisoría para alcanzar este objetivo. Un ejemplo es la siembra de dos chapolas por bolsa para instalar en el campo dos plantas de café por sitio o hacer una eliminación temprana de la yema terminal de las plantas en el almácigo para estimular la formación de brotes múltiples. Como los costos de instalación dependen en gran parte del número de sitios por hectárea, se consigue su reducción si el número de plantas por sitio se establece desde el almácigo.

El sistema de sembrar varias plantas por bolsa en el almácigo y luego en el campo, se considera que es superior al de sembrar una sola planta. De esta manera, se requieren menos labores de

almácigo, menos sitios de siembra y se realizan menos actividades en la siembra.

A continuación se presentan los resultados del experimento FIT 0204 en el cual se pretende verificar la bondad de los sistemas de siembra con varios tallos por sitio con relación a los sistemas con una planta por sitio, bajo diferentes condiciones ambientales. En el experimento se compara el efecto en la producción de tres densidades de siembra y tres formas de obtenerlas.

Las densidades de siembra consideradas son de 5.000, 7.500 y 10.000 plantas/ha, obtenidas mediante tres modalidades de siembra: Una planta por bolsa en almácigo y por cada sitio en campo, dos plantas por bolsa de almácigo y por cada sitio en campo y una planta por bolsa de almácigo, con corte de la yema terminal a los 4 meses y por cada sitio de campo. Mediante el corte de la yema terminal se estimula la formación de dos brotes por planta.

Un resumen de los resultados de los análisis estadísticos permite sugerir tres grupos según el tipo de respuesta.

Grupo 1. En este se incluyen 9 localidades (La Unión, Gigante, Paraguaicito, Maracay, La Catalina, Valle, Líbano, Naranjal, y Santa Bárbara) en las cuales la respuesta muestra diferencia significativa a favor de los tratamientos con dos plantas o dos tallos por sitio y ninguna

diferencia entre los sistemas de dos plantas o dos tallos.

Grupo 2. En este se incluyen 3 localidades (La Sirena, Marquetalia y Convención) en las cuales la respuesta muestra diferencia significativa entre una planta y dos tallos y ninguna diferencia entre los sistemas de dos plantas o dos tallos.

Grupo 3. Comprende 2 localidades (Santander y Pueblo Bello) en las cuales se encontraron diferencias significativas entre los 3 sistemas, siendo mejor el de dos plantas.

En la Tabla 9 y la Figura 15 se puede observar el comportamiento de la cosecha acumulada según los grupos mencionados.

Sistemas de renovación de cafetales

Comparación de la poda calavera y otros sistemas de manejo de cafetales (FIT 0506). Este experimento tuvo como propósito determinar el sistema de manejo por renovaciones que brinde la mejor producción promedio por año de café y el mejor ingreso neto a través del tiempo en plantaciones de café.

Los tratamientos que se confrontaron fueron: siembra nueva, zoqueo normal, zoqueo

Tabla 9. Producción acumulada en @ CPS / Ha

LOCALIDAD	PERIODO	N°PL/ SITIO	DENSIDAD							
			5000		7500		10000		PROMEDIO	
			ACUM	CV	ACUM	CV	ACUM	CV	ACUM	CV
LA UNIÓN	1998-2001	1P	1113.94	20.95	1423.07	12.58	1483.32	21.95	1340.11	18.49
		2P	1420.71	18.12	1733.70	15.28	2207.54	20.62	1787.32	18.01
		2T	1151.39	18.58	1812.00	13.16	2135.53	26.01	1699.64	19.25
		PROM	1228.68	19.22	1656.26	13.67	1943.13	22.86	1609.36	18.58
GIGANTE	1997-2001	1P	1440.20	11.10	1943.33	6.50	2382.01	18.18	1921.85	11.93
		2P	2102.48	15.73	2794.90	17.15	3268.92	6.77	2722.10	13.22
		2T	2169.61	8.17	3034.56	16.09	3246.12	13.70	2816.76	12.65
		PROM	1904.10	11.67	2590.93	13.25	2965.68	12.88	2486.90	12.60
LA SIRENA	1997-2001	1P	1696.15	15.19	1729.42	23.98	1785.57	48.20	1737.05	29.12
		2P	1671.00	10.31	2069.70	50.65	3306.31	31.46	2349.00	30.81
		2T	1878.58	28.34	2597.57	14.95	3193.32	40.44	2556.49	27.91
		PROM	1748.57	17.94	2132.23	29.86	2761.73	40.03	2214.18	29.28
PARAGUAICITO	1997-2001	1P	1061.91	16.96	1491.12	26.10	1708.98	34.60	1420.67	25.89
		2P	1558.85	25.10	2060.21	25.86	2698.27	24.69	2105.78	25.22
		2T	1358.15	25.73	2027.53	31.70	2774.08	27.64	2053.25	28.36
		PROM	1326.30	22.60	1859.62	27.89	2393.78	28.98	1859.90	26.49
MARACAY	1997-2001	1P	1045.13	42.47	1658.07	10.72	2283.30	6.22	1662.17	19.80
		2P	1762.44	14.32	2149.52	18.15	3261.21	6.54	2391.06	13.00
		2T	1467.81	22.20	1867.05	12.32	2746.57	21.66	2027.14	18.73
		PROM	1467.81	26.33	1891.55	13.73	2763.69	11.47	2041.02	17.18
LA CATALINA	1997-2001	1P	1576.39	12.39	1776.94	4.13	2122.43	8.80	1825.25	8.44
		2P	2390.79	21.70	3004.94	4.79	3195.68	5.83	2863.80	10.77
		2T	2138.26	22.11	3000.12	7.37	3473.05	14.38	2870.48	14.62
		PROM	2035.15	18.74	2594.00	5.43	2930.38	9.67	2519.84	11.28
ALBÁN	1997-2001	1P	1044.93	4.27	1352.58	9.23	1669.97	10.07	1355.83	7.86
		2P	1654.86	17.06	1886.68	17.26	2000.77	21.09	1847.44	18.47
		2T	1155.44	25.65	1846.34	13.60	2252.69	8.77	1751.49	16.01
		PROM	1285.08	15.66	1695.20	13.36	1974.48	13.31	1651.59	14.11
EL LIBANO	1997-2001	1P	1414.81	10.34	1486.69	13.40	1989.66	7.55	1630.39	10.43
		2P	2109.53	36.44	2530.23	17.99	3100.66	17.77	2580.14	24.07
		2T	1811.58	18.39	2272.74	12.77	2686.12	14.08	2256.81	15.08
		PROM	1778.64	21.72	2096.55	14.72	2592.15	13.13	2155.78	16.52
NARANJAL	1995-2000	1P	1989.54	12.77	2237.72	10.04	2471.68	7.38	2232.98	10.06
		2P	3400.30	6.51	3733.29	2.71	4241.04	7.88	3791.54	5.70
		2T	3165.21	8.11	4155.15	4.51	4053.70	4.03	3791.35	5.55
		PROM	2851.68	9.13	3375.39	5.75	3588.81	6.43	3271.96	7.10
MARQUETALIA	1997-2001	1P	615.63	21.18	805.38	8.35	944.23	5.83	788.41	11.79
		2P	698.58	29.12	929.72	21.99	1188.35	9.60	938.88	20.24
		2T	726.81	32.95	1332.19	16.83	1254.45	20.46	1104.48	23.41
		PROM	680.34	27.75	1022.43	15.72	1129.01	11.96	943.93	18.48
SANTA BÁRBARA	1997-2001	1P	755.86	9.31	1179.72	7.58	1332.74	13.26	1089.44	10.05
		2P	1120.47	26.26	1620.91	15.62	1985.76	10.15	1575.71	17.34
		2T	1353.64	16.98	1703.27	31.37	1762.86	8.54	1606.59	18.96
		PROM	1076.66	17.51	1501.30	18.19	1693.79	10.65	1423.92	15.45
SANTANDER	1997-2001	1P	1735.84	1.85	2402.78	6.95	2163.01	1.99	2100.54	3.60
		2P	3137.09	4.39	3253.35	10.35	3341.62	13.75	3244.02	9.50
		2T	2432.77	2725.00	2966.71	13.41	3174.16	4.78	2857.88	914.40
		PROM	2435.23	2.99	2874.28	10.24	2892.93	6.84	2734.15	6.69
CONVENCIÓN	1997-2001	1P	480.42	12.94	653.66	50.17	608.19	52.94	580.76	38.68
		2P	568.87	35.41	826.47	43.13	1107.84	14.84	834.39	31.13
		2T	623.18	25.34	1077.13	17.03	1267.12	46.99	989.14	29.79
		PROM	557.49	24.56	852.42	36.78	994.38	38.25	801.43	33.20
PUEBLO BELLO	1997-2000	1P	624.91	53.13	1067.44	10.40	1049.12	22.62	913.82	28.72
		2P	1135.24	5.38	1653.45	10.49	1943.97	12.47	1577.55	9.45
		2T	798.58	20.53	1211.39	12.46	1854.68	4.78	1288.22	12.59
		PROM	852.91	26.35	1310.76	11.12	1615.92	13.29	1259.86	16.92

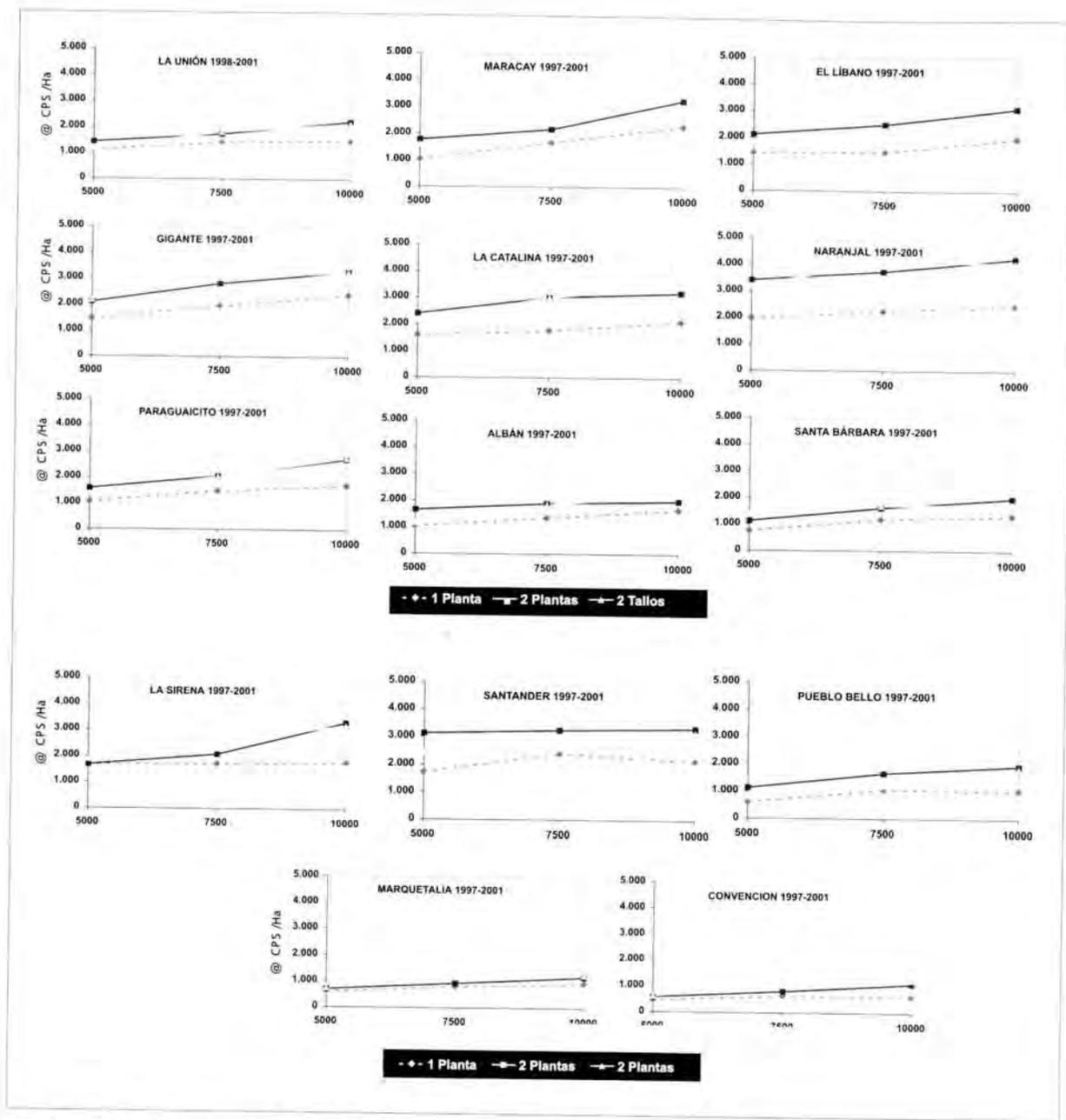


Figura 15. Comportamiento de la producción acumulada en @ CPS / Ha. Experimento FIT 0204

sin eliminación de ramas bajas (zoca bandola), poda calavera y poda calavera cortando las ramas a 10 cm del tallo y descope de éste a 1,80m de altura (poda calavera descopada).

En la Tabla 10 se muestran las producciones promedio de las subestaciones El Rosario,

Libano, Santa Bárbara, Estación Central Naranjal, Libano y Paraguaicito; en las tres primeras el café se sembró a 1,00 x 1,00m y en las tres restantes a 1,50 x 1,50m.

Con algunas excepciones, la tendencia general es que las producciones en promedio por año son iguales en términos

estadísticos y donde hubo alguna diferencia fue entre la zoca normal y alguna de las zocas calaveras, pero en favor de la zoca normal. Al considerar el acumulado de las dos o tres primeras cosechas anuales, se dan diferencias en favor de las podas calaveras, lo que hace interesante este tipo de intervención para un alivio temporal

del flujo de ingresos con las dos primeras cosechas con estas prácticas.

Aunque de hecho las podas calaveras siguen produciendo café a través del tiempo, el costo de recolección después de la segunda cosecha tiene inconvenientes tanto por el costo adicional que implica como por el rechazo de los recolectores; sobre todo, en distancias de siembra menores de 1,50 x 1,50m. En general, se considera que la poda calavera puede ser una solución temporal para aliviar el flujo de caja de la finca en época de crisis y ante la necesidad de renovar el cafetal; en caso contrario, la mejor recomendación estaría entre la siembra nueva o la zoca normal.

Sistemas de cultivo

Estudio agro-económico del sistema frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) intercalado con café (*Coffea arabica* L.) (FIT-0303). Este experimento se hizo para contribuir al mejora-

miento de la calidad de vida en la zona cafetera; mediante la diversificación, generación de ingresos adicionales a los del café, producción de alimentos para la seguridad alimentaria y la generación de empleo. Se evaluó el efecto de dos y tres ciclos de frijol con tres densidades de población, sobre la producción de café en tres distancias de siembra (variedad Colombia y siembra nueva). Se hizo siembra nueva de café a 1,0 x 1,0m; 1,15 x 1,15m y 1,5x1,5m. Además, se incluyeron los testigos tanto de frijol como de café.

En la Tabla 11 se muestran los resultados de las producciones de café. Se destaca que el efecto significativo de los ciclos de frijol ocurre en favor de los tres ciclos, de tal manera que la producción de café con tres ciclos de frijol fue significativamente mayor que con dos. Por tanto, en condiciones similares a las de este experimento, en las siembras nuevas de café se les puede intercalar hasta tres ciclos seguidos de frijol con 160.000 plantas/ha cada uno, en cual-

quiera de las tres poblaciones de café.

La Tabla 12 contiene información sobre las producciones de frijol en kg/ha.

Los resultados mostraron que aunque hasta tres cosechas de frijol no afectan la producción de café, la tercera cosecha de frijol no es buena ya que tan sólo se aproxima a los 600 kg/ha, mientras que en las dos primeras se obtuvieron producciones interesantes. De esta manera, al intercalar dos ciclos de frijol en siembras nuevas de café existe la oportunidad de producir alimento, y generar un ingreso adicional y empleo.

Estudio Agroeconómico del sistema barreras de plátano (*Musa AA*) intercalado con café. Subestación San Antonio, Floridablanca, Santander (FIT-0412). Para contribuir al conocimiento del sistema de cultivo barreras de banano intercaladas con café en las condiciones de esta zona, se estableció este experimento que busca diversificar la producción, producir alimento,

Tabla 10. Producción promedio anual de café en @cps/ha con poda calavera y otros sistemas de manejo de cafetales en varias subestaciones.

TRATAMIENTOS	LOCALIDADES					
	Naranjal	Paraguaicito	Gigante	Líbano	Sta. Bárbara	El Rosario
Calavera descopada	338,87 a	454,15 a	225.05 a	201.51 b	240.24 a	292.83 b
Calavera normal	287,53 a	426,00 ab	189.52 a	209.73 ab	201.27 a	343.79 ab
Siembra nueva	288,32 a	380,24 bc	145.76 a	231.73 ab	272.06 a	405.19 a
Zoqueo bandola	369,57 a	371,17 bc	209.59 a	219.04 ab	241.27 a	415.42 a
Zoqueo normal	331,51 a	341,03 c	195.18 a	268.96 a	239.76 a	389.20 a
Media general	323,16	394,52	193.02	226.19	238.92	369.29
CV (%)	14,47	6,58	27.09	11.98	20.65	13.26
Distancia de siembra del café		1,50x1,50m			1,00x1,00m	

Tabla 11. Producciones de café (@cps/ha) intercalado con dos y tres ciclos de frijol en su etapa de establecimiento. Subestación San Antonio, Floridablanca, Santander.

Poblaciones de café (Miles/ha)	Poblaciones de frijol (Miles/ha)	Ciclos de frijol		Ciclos de frijol		Ciclos de frijol	
		Dos	Tres	Dos	Tres	Dos	Tres
		Producción 1998		Producción 1999		Producción media	
4444	0	57,70	92,16	207,75	274,26	132,72	183,21
4444	80000	47,54	97,96	198,85	250,55	123,19	174,25
4444	120000	79,00	91,82	232,36	235,57	155,68	163,69
4444	160000	61,32	98,72	261,08	258,29	161,20	178,50
7500	0	125,80	174,03	412,35	491,02	269,08	332,52
7500	80000	133,08	172,06	464,49	507,94	298,79	340,00
7500	120000	131,81	171,56	471,25	509,62	301,53	340,59
7500	160000	148,54	156,27	461,00	387,80	304,77	272,03
10000	0	148,56	243,26	508,60	426,54	328,58	334,90
10000	80000	261,45	228,07	434,48	369,76	347,97	298,91
10000	120000	153,81	183,85	416,88	426,61	285,35	305,23
10000	160000	168,47	298,33	475,10	498,50	321,79	398,42
Media general		126,42	167,34	378,68	386,37	252,55	276,86
Coef. de variación (%)		20,11		18,75		14,52	

Tabla 12. Rendimiento y sus componentes de dos y tres ciclos de frijol intercalado con café en tres distancias de siembra. Subestación San Antonio, Santander.

Plantas de café por ha	Plantas de frijol por ha	Vainas por planta			Granos por vaina			Peso (g) 100 granos			Producción (kg/ha)		
		Ciclos de frijol			Ciclos de frijol			Ciclos de frijol			Ciclos de frijol		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
0	80000	7	7	6	4	4	3	57	60	46	1437	1791	478
0	120000	7	7	6	3	3	4	58	57	48	1754	1796	663
0	160000	6	6	5	4	4	4	58	59	50	1822	1780	889
0	200000	5	4	4	3	3	3	60	58	49	2196	1842	1001
4444	80000	8	8	5	3	3	3	60	61	48	1380	2070	423
4444	120000	6	6	7	3	3	3	60	59	48	1409	2113	771
4444	160000	6	6	5	4	4	4	59	60	48	1377	2066	598
7500	80000	8	8	5	4	4	3	62	61	50	1390	1598	406
7500	120000	6	6	5	3	3	3	58	57	50	1452	1670	534
7500	160000	6	6	5	3	3	3	59	58	49	1553	1786	718
10000	80000	7	7	5	4	4	3	61	60	48	1384	1384	342
10000	120000	6	6	4	3	3	3	61	59	49	1514	1514	342
10000	160000	5	5	4	3	3	3	60	58	49	1542	1542	400
Media general		6	6	5	3	3	3	60	59	49	1554	1765	582
CV (%)		14,3	14,9	21,7	22,7	21,7	22,7	7,33	7,41	4,56	24,56	23,72	26,41

generar ingresos adicionales al café y generar empleo.

Los tratamientos que se usaron fueron los siguientes: barreras de banano a 4,5; 6,0 y 7,5m intercaladas con café sembrado

a 1,5 x 1,0m (una planta por sitio). Además hubo testigos de banano y de café. El manejo de los cultivos fue independiente de acuerdo con la tecnología de producción de cada uno. Este experimento se planificó

para cuatro cosechas de café y cuatro de banano, pero hubo que suspenderlo a la tercera cosecha de café, porque el banano sufrió un ataque severo de mal de Panamá (*Fusarium oxysporum* var. *cubensis*) que

afectó de forma considerable la población, de tal manera que de allí en adelante los datos no podían ser confiables, aunque quedaron dos repeticiones en buen estado.

Hubo diferencias estadísticas significativas entre tratamientos, excepto en la cosecha de 1998, lo cual se explica por una alta varianza del error experimental que determinó una diferencia mínima significativa entre tratamientos de 151,43@cps/ha, mientras que para las demás fue menor de 71@cps/ha. De estos resultados se puede inferir que para este sistema de producción de barreras de banano intercaladas con café, la distancia de siembra de las barreras de banano a 4,5m no es aconsejable para la producción de café; en consecuencia, éstas se pueden sembrar entre 6,0 y 7,5m, cuando se considere el banano como sombrío productivo.

Las producciones de café por debajo del promedio que se tiene en esta subestación se pueden explicar como conse-

cuencia de las condiciones físicas y químicas del lote donde se ubicó el experimento. De todas maneras, los resultados demuestran la factibilidad agronómica de este sistema de cultivo, pues la respuesta es consistente con relación a la distancia entre las barreras del banano.

No hubo efecto del café en los componentes de rendimiento de banano; el peso promedio de los racimos varió entre 29 y 39kg, el promedio de manos por racimos fue de 10 y el número de dedos por racimos varió entre 167 y 184. Se observó que el peso promedio de los racimos tuvo una tendencia a disminuir con relación a la primera cosecha.

Producción de café bajo sombrío

Comparación de la producción de tres densidades de siembra del café y tres de sombrío de inga sp. (FIT 0411). En el experimento se

evalúa el efecto de la intensidad del sombrío de *Inga* sp. plantado a tres distancias de siembra (6 x 6, 9 x 9 y 12 x 12m) sobre la respuesta en producción del café a la densidad de siembra (1x1, 1,42x1,42 y 2x2m). Los tratamientos son las combinaciones de las tres distancias de siembra del sombrío y las tres distancias de siembra del café. En la Figura 16 se presentan los resultados correspondientes a la subestación Experimental de Pueblo Bello (Cesar).

Las máximas producciones, promedio de 4 cosechas (1997 a 2000), fueron 197,7; 172,3 y 220,0@ de café pergamino seco/ha, y se obtienen con la siembra de café a 1,0 x 1,0m en todas las distancias de siembra del sombrío de guamo y las producciones más bajas es decir 60,2; 39,7 y 41,4@ de café pergamino seco/ha, se registran con la siembra del café a distancias de 2,0x2,0m. Comparativamente se presentan mayores producciones de café bajo sombrío de guamo establecido a distancias de 12,0 x 12,0m.

Tabla 13. Producción de café (@cps/ha) intercalado con barreras de banano entre 1997 y 1999. Subestación San Antonio, Floridablanca, Santander.

Tratamientos	Producción de café (@cps/ha)				
	1997	1998	1999	Total	Media
Café solo	108,92 a	275,09 a	209,31a	593,31 a	197,77a
533 Sitios de banano/ha	105,58 ab	216,19 a	186,44ab	508,21ab	169,40 ab
666 Sitios de banano/ha	74,93 bc	233,05 a	147,13ab	455,11ab	151,70 ab
888 Sitios de banano/ha	55,24 c	137,56 a	162,79 b	355,59 b	118,53 b
Media general	86,16	215,47	176,42	478,05	159,35
Coeficiente de variación (%)	13,39	24,86	9,55	15,61	15,61

Valores promedio identificados con letras iguales no son estadísticamente diferentes. Tukey al 5%

Comparación de la producción del café bajo sombra de cinco especies leguminosas a diferentes densidades de siembra (FIT 0424). Se estudia el efecto de la intensidad del sombrío de 5 especies leguminosas (*Erythrina edulis*, *E. poeppigiana*, *Inga densiflora*, *L. leucocephala*, *Albizia carbonaria*) a diferentes distancias de siembra (6x6, 9x9 y 12x12m), sobre la producción del café. Los tratamientos están compuestos por las combinaciones de los tres niveles de distancias de siembra del sombrío y las cinco especies leguminosas. En la Figura 17 se presentan los resultados parciales obtenidos en la subestación experimental de Pueblo Bello (Cesar). La distancia de siembra del café es de 1,5x1,5m. en todos los casos. El promedio de 3 cosechas (1998 a 2000) muestra

que las máximas producciones (307,2; 346,4; 301,6; 270,5 y 294,8@ de café pergamino seco/ha) se obtiene con la siembra de todas las especies de sombrío a 12,0x12,0m, y dentro de esta distancia de siembra los mayores producciones de café se obtienen bajo sombrío de *Erythrina edulis*; igualmente las mínimas producciones (231,3; 248,8; 250,9; 273,5 y 232,1@ de café pergamino seco/ha) ocurren bajo los sombríos establecidos a 6,0x6,0 y bajo esta distancia la máxima producción se registra bajo sombrío de *Leucaena leucocephala*.

Uso del sombrío y del mulch para el manejo del déficit hídrico en café en las zonas norte y sur de Colombia (FIT 0425). En el experimento se

determina la influencia del sombrío y de la cobertura vegetal muerta en el contenido de humedad del suelo y su efecto sobre la producción de café en las zonas norte y sur de Colombia. Los tratamientos están compuestos por la combinación de tres niveles de sombra (plena exposición, sombrío de *Inga* sp. y sombrío de *Erythrina* sp.) y dos de cobertura muerta (con y sin mulch). La distancia de siembra del café es de 1,5x1,5m. En la Figura 18 se muestran los resultados parciales obtenidos en la Subestación Experimental de El Tambo (Cauca).

Las máximas producciones, en promedio de 4 años, se registran en los tratamientos café bajo sombrío de *Erythrina* sp. Con 327,2 y 316,5@ de café

Figura 16.
Producción (@ cps/ha/año)
1997- 2000.
Subestación experimental de Pueblo Bello (Cesar).

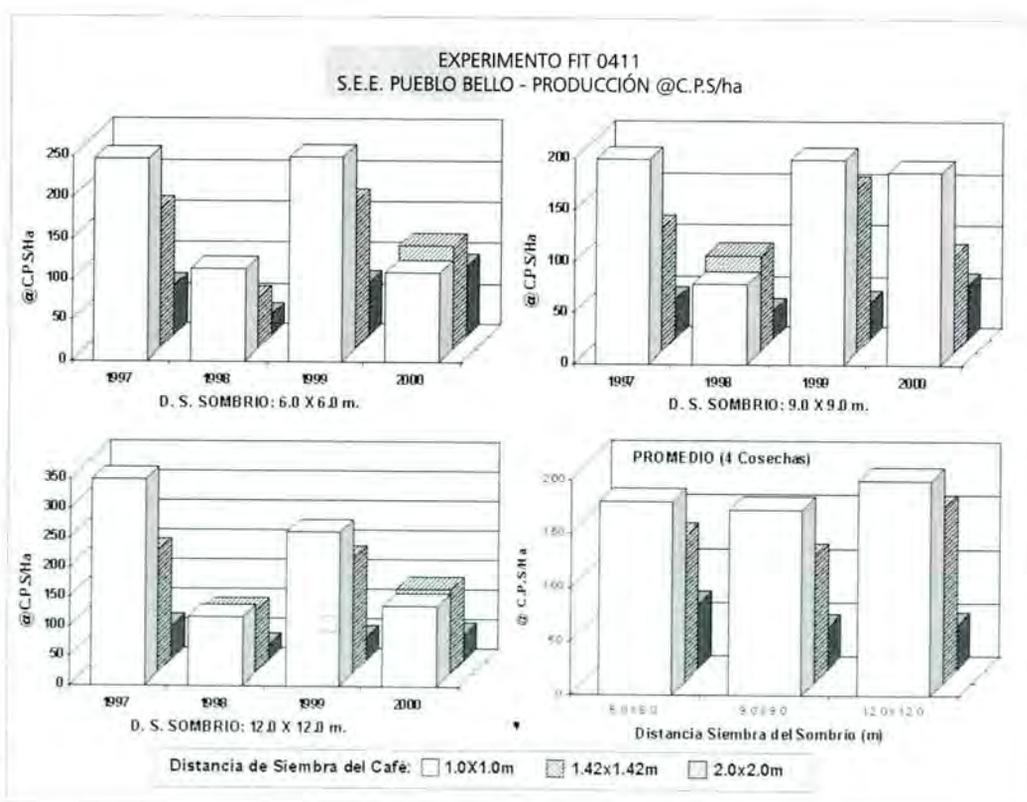


Figura 17.
Producción (@ cps/ha/año) 1998 - 2000 en la Subestación experimental de Pueblo Bello (Cesar).

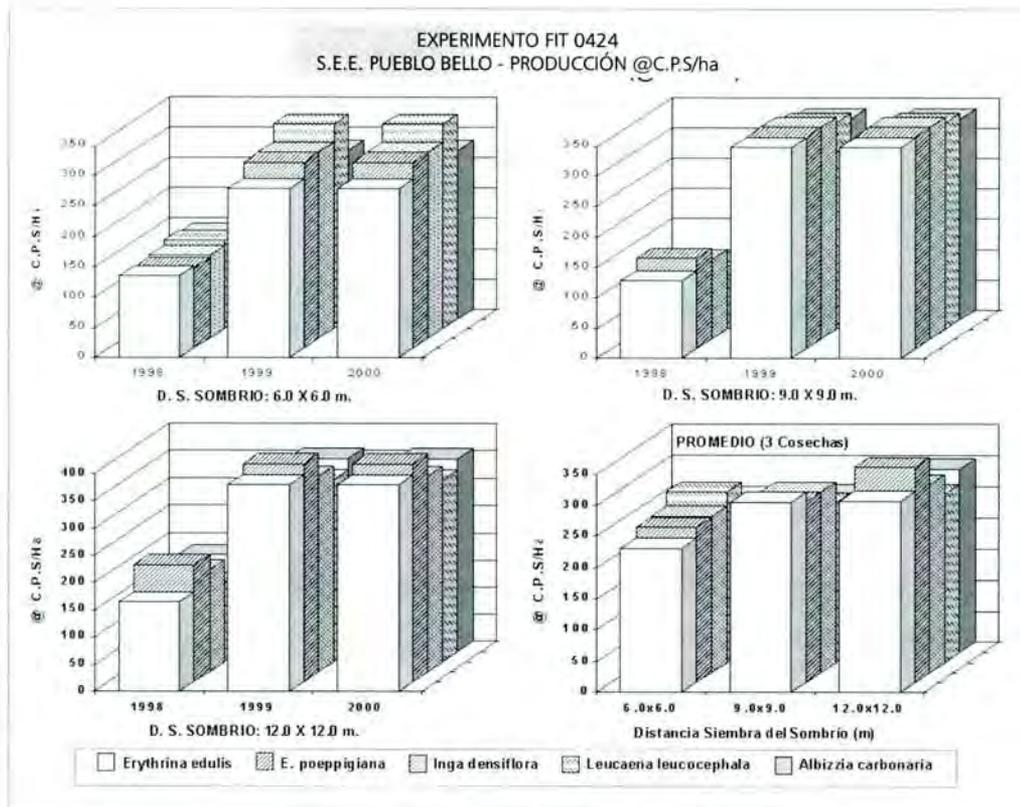
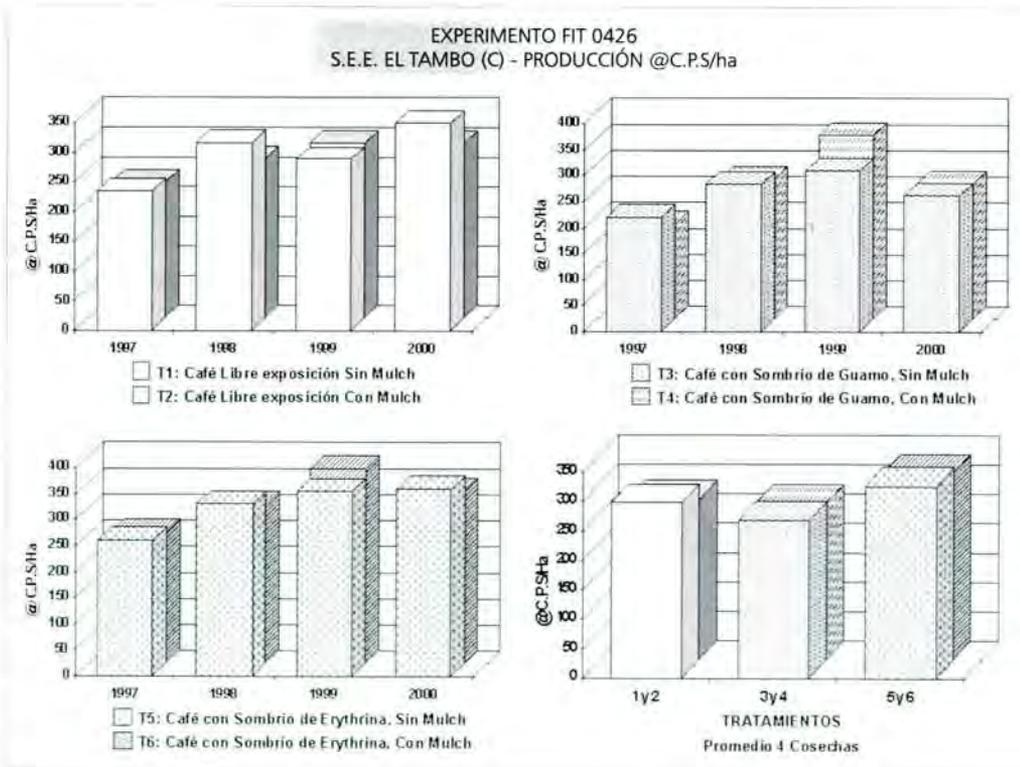


Figura 18.
Producción (@ cps/ha/año) 1997-2000, Experimento FIT 0426, Subestación de experimentación de El Tambo (Cauca).



pergamino seco/ha, respectivamente, siendo mayor la producción cuando la parcela estuvo sin cobertura vegetal muerta.

Las producciones más bajas, en promedio, fueron de 268,9 y 266,5@ de cps/ha y se observan en los tratamientos de café bajo sombrío de *Inga* sp. con y sin cobertura muerta. En la Figura 19 se presentan los resultados parciales obtenidos en la subestación experimental de Pueblo Bello (Cesar).

En esta localidad las máximas producciones en promedio, en el ciclo de 4 años, fueron de 222,6 y 218,2@ de café pergamino seco/ha, se obtienen en los tratamientos 1 y 2 respectivamente, café a libre exposición, con y sin cobertura

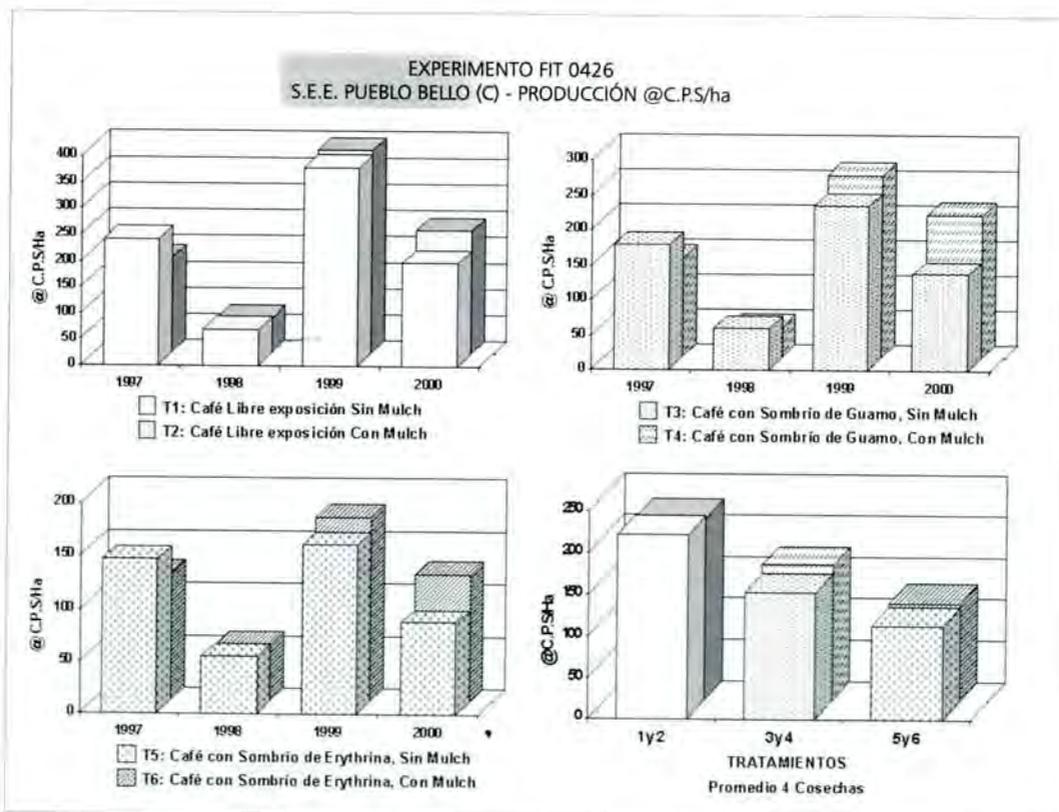
vegetal. Las producciones más bajas, de 112,9 y 118,0@ de cps/ha, en este mismo ciclo, se registran en los tratamientos 5 y 6, es decir, café bajo sombrío de *Erythrina* sp. con y sin cobertura vegetal muerta.

Caracterización agronómica de *Cordia alliodora*, *Eucalyptus grandis* y *Pinus oocarpa* como sombríos en café (FIT 0429). En el experimento se busca determinar el potencial económico y biológico que como sombrío de cafetales tienen las especies forestales *Eucalyptus grandis*, *Pinus oocarpa* y *Cordia alliodora*; y se evalúa el efecto de la intensidad del sombrío suministrado por las tres especies forestales, sobre la producción - en cantidad y calidad - del café.

Los tratamientos, 4 en total, son: La distancia de siembra del café es de 1,5x1,5m. En la Figura 20 se presentan los resultados parciales obtenidos en la Subestación experimental Paraguaicito (Quindío).

En 1999 las máximas producciones se obtuvieron en café a libre exposición (237,5@ cps/ha), y la producción más baja se presentó en café con sombrío de nogal, el cual registró porcentajes de sombra para este año del 61,4%. Analizando los promedios de producción para todos los ciclos de cultivo en todos los tratamientos se observa que el promedio más bajo se obtiene con el café bajo sombrío de nogal (94,5@ de cps/ha) con porcentajes promedios de sombra del 53,0 al 61,4%. La

Figura 19.
Producción en @ de cps/ha/año) 1997-2000, Experimento FIT 0426, subestación experimental de Pueblo Bello (Cesar).



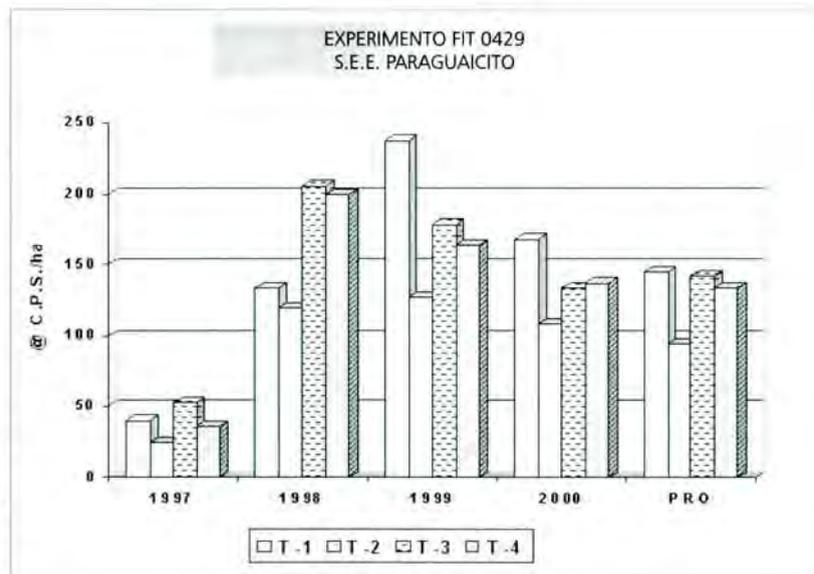


Figura 20.

Producción en @ de cps/ha/año) 1997-2000, Experimento FIT 0429, subestación experimental Paraguaicito (Quindío).

máxima producción en promedio para el mismo ciclo, 144,8@ de cps/ha, se registra en el café a libre exposición.

Respuesta en producción del café al sol fertilizado con lombricomposto (FIT 0602). En el experimento se determina la dosis óptima desde el punto de vista biológico y económico de aplicación de la materia orgánica en forma de lombricomposto para fertilizar cafetales a libre exposición. Los tratamientos aplicados son:

La distancia de siembra del café es de 1,0x1,0m (10.000 plantas/ha). En la Figura 21 se presentan los resultados parciales en la subestación experimental La Catalina (Risaralda).

Al promediar el ciclo de cultivo de 5 años se puede observar que las máximas producciones, 317,2 y 317,8@ de cps/ha, se

presentan en los tratamientos 4 y 5, con fertilización con 3,0kg de lombricomposto/planta/año y con la fertilización química según el resultado del análisis de suelo respectivamente; igualmente la mínimas producciones promedio, 240,9 y 261,4@ de cps/ha, se registran en los tratamientos 1 y 6, fertilización con 0,5kg de lombricomposto/planta/año y en el testigo sin fertilizar, respectivamente. En la Figura 22 se presentan los resultados obtenidos en la subestación experimental Paraguaicito

En esta localidad en un ciclo de cultivo de 3 años se puede observar que las máximas producciones, en promedio, de 296,4; 298,2 y 301,3@ de cps/ha, se presentan en los tratamientos 3, 4 y 5, fertilización con 2,0 y 3,0kg de lombricomposto/planta/año y con la fertilización química según el resultado del análisis de suelo, respectivamente;

igualmente, las producciones mínimas en promedio en el mismo ciclo, es decir, 250,9 y 226,8@ de cps/ha, se registran en los tratamientos 1 y 6, o sea, fertilización con 0,5kg de lombricomposto/planta/año y en el testigo sin fertilizar, respectivamente.

Crespera del cafeto

Incidencia y efecto de la crespera en siembras y zocas de café (FIS 1403).

Investigaciones preliminares han sugerido que el disturbio de la crespera es ocasionado por un fitoplasma. Hasta el momento no se conoce la forma de prevenirlo o controlarlo. Sin embargo, en las observaciones de campo se ha encontrado que su incidencia en siembras es mínima en comparación con la incidencia en zocas. Apoyados en estas observaciones es de interés evaluar esta hipóte-

Figura 21.

Producción en @ de cps/ha/año) 1996-2000, Experimento FIT 0602, subestación experimental La Catalina.

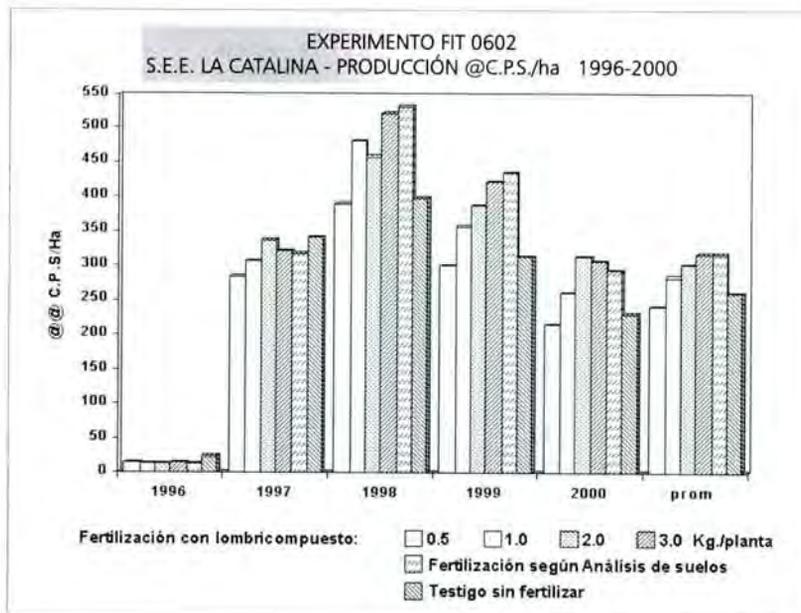
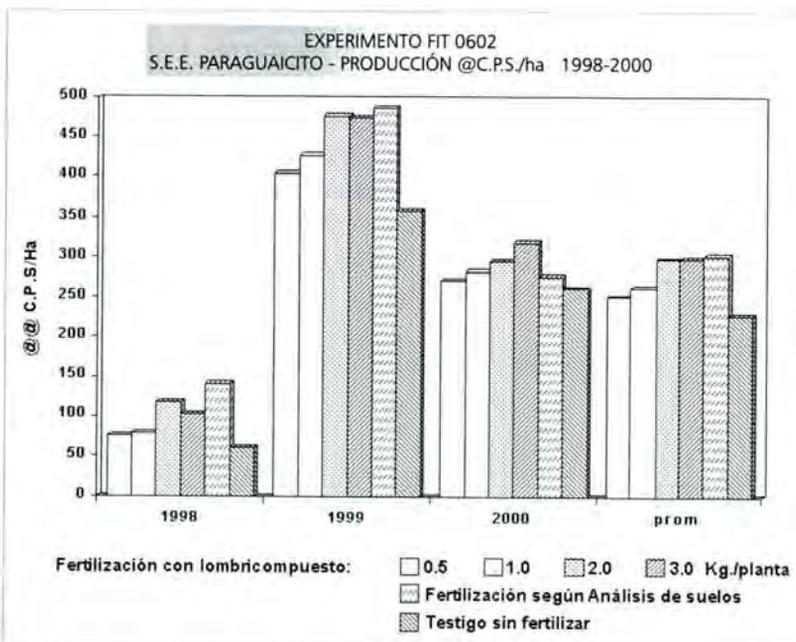


Figura 22.

Producción en @ de cps/ha/año) 1998-2000, Experimento FIT 0601, subestación experimental Paraguaicito (Quindío).



sis, lo cual permitirá tener por lo menos una solución parcial al problema. También es importante establecer si la dinámica del control de arvenses es determinante en la incidencia al ser éstas hospedantes de insectos que actúan como transmisores del patógeno.

Al comprobarse experimentalmente esta observación, se

tendrá una herramienta que permitirá un control parcial de la enfermedad. De esta manera el agricultor podría evitar por lo menos el 50% de pérdidas en producción y los costos de manejo de la plantación zoqueada.

El experimento se sembró en octubre de 1999 con la varie-

dad Colombia a una distancia de 1x1,5m en un lote en el cual la plantación preexistente estaba afectada de crespere en forma severa, en un 95% y la cual fue eliminada inmediatamente antes de la siembra del experimento. Se están evaluando dos tipos de manejo:

Frecuencias de desyerbas. Se evaluarán 4 frecuencias de

desyerba así: mensual (D1), bimestral (D2), trimestral (D3) y suelo sin cobertura (D4).

Frecuencias de zoqueo. Se evaluarán 4 frecuencias de zoqueo así: sin zoqueo (Z0), zoqueo a los 12 (Z1), 24 (Z2) y 36 (Z3) meses de siembra.

Ya se efectuó el primer tratamiento de zoqueo y la primera evaluación en abril de 2001.

En esta primera evaluación de incidencia de crespeta se detectaron unas pocas plantas "sospechosas" pero será necesario esperar las nuevas evaluaciones para confirmar si

desarrollaron sintomatología. En el lote anexo (5700 plantas) que tiene la misma edad que el lote experimental se han encontrado 5 plantas con síntomas iniciales parecidos a los de crespeta.

Modelación matemática del café

Modelación matemática de la planta de café (Grupo de modelación matemática del 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 por agua y nutrientes durante todo el período de crecimiento y desarrollo del cultivo y que se denomina Nivel de Producción I. No obstante que ya se completó 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.

Biología

Se destacan las actividades sobre Investigación Participativa con Caficultores en los departamentos de Caldas, Risaralda y Quindío para evaluar los procesos de control de la broca del café, los estudios sobre la cría masiva de la broca del café y de sus parasitoides usando una dieta artificial. Se trabaja en el mejoramiento del hongo *Beauveria bassiana* y en la identificación de nematodos parasíticos a la broca del café. Se estudian los genotipos de las razas de la roya del cafeto y se buscan progenies de café resistentes a la llaga macana,

Ceratocystis fimbriata, y la forma cómo se transmite la Crespeta. Se estudia el genoma del café mediante microsatélites y la asociación de éstos con transposones del tipo MITEs. Se continuaron los estudios sobre la productividad del cafeto en los aspectos relacionados con la fotosíntesis, distribución de la biomasa, floración y fructificación. Se continuaron los estudios sobre la selección por resistencia completa e incompleta a la roya del café y los estudios de selección por resistencia a la enfermedad de los frutos del café (*Colletotrichum kahawae*). Otras actividades desarrolladas se relacionaron con la conservación y evaluación de germoplasma de café, el mejoramiento por hibridación interespecífica en café y la búsqueda de fuentes de resistencia genética a la broca en dicho germoplasma. Especial énfasis se le dio al inicio de un buen número de estudios relacionados con la transformación genética del café, el desarrollo de marcadores moleculares y la construcción de un mapa genético en café ■



Estudios sobre biodiversidad e impacto ambiental

Colección e identificación de artrópodos plagas y benéficos de la zona cafetera.

Actualmente el Museo Entomológico "Marcial Benavides Gómez" de Cenicafe, tiene un total de 10.230 especímenes curados (en excelente condición y con información completa). Consta de 32 gabinetes, cada uno con 6 cajas tipo «Cornell», donde se coleccionan los insectos montados en alfiler y 1 gabinete con 4 cajas que guardan especímenes en alcohol.

La colección está especializada en artrópodos de la zona cafetera y existe mayor énfasis en ciertos grupos como: Hymenoptera (hormigas asociadas a insectos chupadores, hormigas depredadoras y hormigas indicadoras de hábitat perturbados) y parasitoides; lepidópteros diurnos (incluye 169 especies del inventario de las mariposas de Cenicafe Planalto, 83 especies del inventario de las mariposas del recinto "Jaime Restrepo Mejía" para el Desarrollo del Pensamiento, Manizales, Caldas y 96 especies del inventario de las mariposas de la vertiente del río Guacaica vereda Pueblo Hondo, Neira Caldas. También del orden Coleoptera (especialmente fuerte en Melolonthidae, Cerambycidae y Scarabaeidae),

plagas forestales y de cultivos, polinizadores de flora, e insectos escamas guardados en servilletas.

Durante el año 2001 se curaron (recolección, montaje, secado, etiquetado) 2.720 insectos de importancia en la zona, los cuales están en proceso para ser introducidos a la colección de referencia.

Registro de mariposas en el recinto para el desarrollo del pensamiento. "Jaime Restrepo Mejía".

El Bosque Húmedo de Niebla, está situado al suroriente del municipio de Manizales, a una altitud de 2.182m. Las 179ha del lugar cobijan 75 hectáreas de bosque natural con diferentes estados de sucesión ecológica, desde potreros y matorrales altos hasta bosque propiamente dicho.

Recientes reconocimientos han puesto en evidencia una interesante comunidad de mariposas diurnas, lo cual motivó una investigación para conocer las especies presentes, su biología y las plantas hospedantes de larvas y adultos. Se están realizando muestreos cada ocho días con jama y trampas Van Someren Rydon, y se examinan las plantas para recolección de larvas y de huevos. Hasta la fecha se han registrado 83 especies de mariposas diurnas de la zona en estudio. Estas mariposas pertenecen a 14 familias: Acraeidae, Brassolidae,

Danaidae, Heliconiidae, Hesperidae, Ithomiidae, Lycaenidae, Morphidae, Nymphalidae, Pieridae y Satyridae. La familia con mayor número de especies es la Nymphalidae con 26, seguida por Satyridae con 15, Hesperidae con 12, Pieridae con 11, Lycaenidae con siete, Heliconiidae y Acraeidae con cuatro, Papilionidae e Ithomiidae con dos, Brassolidae, Danaidae, Morphidae, y Riodinidae con una especie. Se le ha estudiado la biología a 3 especies y el reconocimiento de las plantas hospedantes a 11 especies.

Registro de hongos entomopatógenos que infectan naturalmente los insectos en el campo.

Una alternativa en el control de insectos plagas en la agricultura es la utilización de hongos entomopatógenos, ya que contribuyen al manejo de sus poblaciones en forma racional. Con el objeto de conocer las especies de hongos entomopatógenos que infectan naturalmente los insectos en el campo, de los insectos que traen a la colección para realizarles el proceso de curaduría se separaron los que presentaban síntomas de estar atacados por hongos y se realizaron los aislamientos para identificar los hongos. Luego se introducen al cepario de Cenicafe previa elaboración del registro. Durante el año 2001 se realizaron 22 aislamientos de hongos entomopatógenos, 13

corresponden a *Beauveria bassiana*, tres a *Metarhizium anisopliae*, dos a *Fusarium* sp., uno a *Verticillium* sp., uno a *Hymenostilbe* sp. y como hongo contaminante se encontraron dos especies de *Aspergillus* sp. Los órdenes más susceptibles al ataque de hongos entomopatógenos son Coleoptera y Lepidoptera y los estados biológicos más atacados son las larvas y los adultos.

Manipulación de hormigas depredadoras para el control de la broca del café. Como parte del estudio de hormigas depredadoras de *Hypothenemus hampei*, se realizó un inventario de la mirmecofauna presente en la zona central cafetera

El estudio se llevó a cabo en tres localidades, Subestación Experimental "Rafael Escobar", Estación Central "Naranjal" y la finca comercial «La Alianza» en el municipio de Viterbo (Caldas), y tuvo como objetivo conocer el papel que desempeñan las hormigas dentro de los cafetales y cuáles de éstas cumplen procesos de predación sobre la broca del café.

Se encontró un total de 53 especies en 31 géneros y 5 subfamilias, repartidas en 60 observaciones en Supía, 84 observaciones en Naranjal y 122 observaciones en Viterbo, para un total de 266 observaciones.

Se estableció que un 43,4% de las especies anidan dentro del suelo (nidos hipógeos), un 13,2% sobre el suelo (nidos

epígeos), un 49,1% anidan en árboles. De los nidos arborícolas sólo un 11,3% corresponden a cafetos y el resto a plantas de sombrío. Un 9,4% de las especies se les desconoce el sitio de nidificación. En cuanto a los hábitos de consumo forrajero, se encontró que en 266 observaciones (tres localidades) un 79,8% tienen hábitos de desplazamiento epígeo, un 55,3% arborícolas, un 35,4% presentan la combinación entre epígeo y arborícola, y tan sólo un 1,2% se desplazan exclusivamente dentro del suelo y la hojarasca.

Para la variable hábitos alimenticios se encontró que en las mismas 266 observaciones en las tres localidades, el 83,5% de las especies son omnívoras, 28,3% se asocian a insectos chupadores, sólo un 0,4% visitan flores de café, un 20,6% son depredadoras y un 6,9% de las especies son cultivadoras de hongos (tribu Attini). De las especies depredadoras se encontró que *Crematogaster* sp2, *Pheidole* sp1 y *Pheidole* sp5, correspondientes al 1,1%, mostraron actividad depredadora sobre la broca del café. Estas especies conjuntamente con *Solenopsis germinata* F y *Crematogaster* sp1 serán evaluadas en laboratorio para conocer en más detalle la relación depredador - presa y la influencia de otras fuentes de alimentación.

De las especies depredadoras de broca, se conoce que por hábitos de nidificación, solamente *Pheidole* sp2, no depen-

de de cafetales con sombrío para su supervivencia, por lo que se concluye la necesidad desarrollar estudios de estructuras especiales, como por ejemplo, ramas secas de algunas leguminosas, para poder llegar a establecer sus colonias en cafetales a libre exposición.

Efecto de insecticidas en la entomofauna de la zona cafetera. Los insectos juegan un papel fundamental en el funcionamiento de los ecosistemas, razón por la cual se les ha considerado un grupo importante para los estimativos locales y regionales de diversidad e indicadores de perturbación del ecosistema. Las áreas de estudio están localizadas en los municipios de Supía y Chinchiná. Las condiciones climáticas para la localidad de Supía son: altitud 1320m, temperatura 21,3°C, humedad relativa 73,7%. Chinchiná se encuentra a 1400msnm, con una temperatura en promedio de 20,7°C, y una humedad relativa de 78,0%. Se han realizado cuatro muestreos de la primera actividad (muestreo exploratorio) recolectando 10.977 individuos de hormigas distribuidos en 58 especies, en proceso de identificación y 331 individuos de Coleoptera: Scarabaeidae distribuidos en 8 especies (*Oxysternum conspicillatum*, *Coprophaneus telamon*, *Onthophagus* sp1, *Onthophagus* sp2, *Onthophagus marginicollis*, *Dichotomius* spp., *Eurysternus* sp. y *Canthon* sp.). Las especies más abundantes son *Onthophagus* sp1, *Dichotomius* spp. y

Coprophaneus telamon. De acuerdo a los resultados obtenidos hasta la fecha, los indicadores muestran que se presenta una mayor diversidad y abundancia en el sistema de producción sin aplicación de insecticidas comparado con el sistema de producción con aplicación de insecticidas.

Investigación participativa con caficultores

Análisis biológico y económico del control cultural de la broca del café mediante estudios de caso. Con el propósito de evaluar biológica y económicamente la eficiencia del control cultural de la broca del café en parcelas de pequeños caficultores involucrados en el proyecto de investigación participativa adelantado por Cenicafe y determinar la calidad del café pergamino seco obtenido durante un año de cosecha, se realizó el presente trabajo en tres fincas de Caldas, Quindío y Risaralda. Durante el año 2000 los caficultores registraron para todos los pases de recolección los kilogramos de café cosechados así como los costos de recolección, beneficio y transporte del café hasta el punto de venta. Igualmente se evaluó el nivel de infestación por broca en el campo, la eficiencia de la labor de recolección y el nivel de infestación por broca en café pergamino seco. Los resultados muestran que en los tres lotes estudiados la labor de recolección se realizó con eficiencia, demostrando que con recolec-

ciones frecuentes y bien hechas se controló la broca en el campo, obteniendo café pergamino seco tipo Federación. Para las tres fincas, el costo de las labores de control cultural (Re-Re) se recuperó en el 98% de los pases de recolección efectuados durante el año 2000. Así mismo los caficultores obtuvieron utilidades económicas al hacer las recolecciones oportunas de café maduro a intervalos entre 15 - 22 días. Los resultados obtenidos corroboran que la labor cultural de recolección (Re-Re), es el componente de mayor impacto dentro de la estrategia de manejo integrado de la broca del café.

Seguimiento a la población de adultos de la broca del café mediante el uso de trampas de alcohol en parcelas de caficultores.

Participaron 39 caficultores de Riosucio y Viterbo (Caldas), Buenavista, Montenegro y Quimbaya (Quindío) y Balboa (Risaralda). Se elaboraron las trampas utilizando recursos disponibles en fincas y ajustando el diseño. El atrayente utilizado fue: alcohol antiséptico de 90° más café soluble. Ubicaron 5 trampas por lote. Realizaron 551 conteos de brocas capturadas, promediando 14 por caficultor. Las capturas semanales oscilaron entre 0 y 300 brocas por trampa, ($X \pm EE$) $4,8 \pm 0,3$. En abril del 2000 se presentó la mayor captura ($11,5 \pm 3,5$). Se realizaron 369 evaluaciones de infestación, en promedio 9 por caficultor. Las infestaciones oscilaron entre 0,2 y 15%,

($2,9 \pm 2,2\%$). No existió correlación entre el número de brocas capturadas, la infestación y la precipitación. El costo de los materiales fue \$1.185 por trampa y \$625 de mano de obra. El costo de las evaluaciones semanales fue \$250 por trampa. Los caficultores consideraron que las trampas de alcohol son una herramienta útil para el monitoreo de broca.

Efecto del trampeo sobre la infestación de la broca del café en campo.

Para hacer un seguimiento de las poblaciones de broca y determinar el efecto de las trampas sobre dichas poblaciones, se realizó el presente trabajo en la finca "Venecia" Balboa (Risaralda), en un lote de 4.000 árboles de café variedad Colombia, de tercera cosecha. El lote se dividió en dos parcelas iguales: 1- Con 25 trampas en relación 1:80 árboles, 2- Sin trampas (testigo). Las trampas se instalaron a 1,40m de altura. Se evaluó: el número de brocas capturadas semanalmente, la infestación en campo, tolva y café almendra, los datos climáticos y costos del trampeo. Se capturaron brocas durante todo el año. La mayor cantidad de broca se presentó en febrero y marzo/01 con 211 y 245 brocas respectivamente. En el lote con trampas (marzo/01) se encontró mayor número de frutos brocados (115). En el lote testigo igualmente en marzo/01, se presentó el mayor número de frutos brocados (224). Al comparar ambos lotes el testigo presentó mayor número de frutos brocados y fue significativamente diferente

al lote con trampas. En los frutos en tolva también se presentaron diferencias estadísticas, resultando mayor el testigo. Sin embargo, en café almendra no se encontraron diferencias significativas. Se observó una relación directa entre el número de brocas capturadas y el número de frutos brocados. No se encontró relación entre las capturas de brocas y el número de frutos brocados con respecto a la precipitación.

Registro de insectos capturados en trampas de alcohol, utilizadas para el monitoreo de la broca del café en parcelas de

caficultores. Para registrar los insectos capturados diferentes a la broca del café en 25 trampas de alcohol, se realizaron 52 lecturas semanales durante el año 2000, en un lote de 4.000 árboles de café de la variedad Colombia de tercera cosecha, ubicado a 1600 msnm, en la vereda "La Cancha", Balboa (Risaralda). En el insectario de la Disciplina de Entomología de Cenicafé, se determinó que los insectos colectados (499), pertenecían a 34 familias de 8 órdenes. Los especímenes del orden Coleoptera fueron los más atraídos por las trampas (79%), seguido por los ordenes Hymenoptera (9%), Hemiptera (5%), Homoptera (4.6%), Lepidoptera, Blattodea, Diptera y Orthoptera. Dentro de los coleópteros se registraron 19 familias y entre ellas, sobresale la familia Scolytidae con 38% de los insectos capturados. Los resultados

indican que las trampas de alcohol atraen principalmente insectos del orden Coleoptera, especialmente Scolytidae. Dispositivos de este tipo pueden ser utilizados para adelantar estudios de biodiversidad en diferentes zonas agroecológicas. El estudio demuestra que en cultivos de zona cafetera cohabitan diferentes especímenes de la entomofauna, que cumplen un papel importante en el agroecosistema. Por tanto, es imperativo realizar el manejo integrado de la broca del café garantizando un mínimo impacto sobre el medio ambiente.

Estudio de las poblaciones de la broca del café en fincas de caficultores de investigación participativa.

La dinámica de la broca es fundamental en la toma de decisiones en el MIB. Conjuntamente con caficultores se hizo seguimiento de infestación y posición de broca, en lotes de 21 fincas, agroecológicamente diferentes. Mensualmente se colectaron 100 frutos y se registró la posición de la broca. Con el análisis estadístico se agruparon lotes en tres rangos según las posiciones AB y CD en el tiempo. Grupo 1- Balboa, Santuario, Viterbo y Belalcázar; Grupo 2- Riosucio; Grupo 3- Montenegro, Quimbaya y Santa Rosa de Cabal. En mayo del 2000 se observaron los mayores porcentajes de broca viva en las posiciones AB, penetrando en frutos, con 38, 25 y 50% para los grupos 1, 2 y 3. En los grupos 1 y 2, durante todo el

año más del 40% de las brocas se encontraban en posición CD; los mayores valores se observaron en diciembre (65%) grupo 1 y en junio (78%) grupo 2. En el grupo 3 los mayores porcentajes de broca en CD se presentaron en septiembre y diciembre con 55%. Hubo relación inversa entre posiciones AB y CD, y al aumentar los porcentajes de broca en AB disminuían en CD. El conocimiento de la posición de la broca en el fruto permite al caficultor controlar acertada y oportunamente el insecto plaga.

Evaluación de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café por caficultores experimentadores.

La mayor inquietud por parte de los caficultores está en conocer cuánta broca puede controlar el hongo *Bb* en condiciones de campo. La humedad del ambiente puede favorecer o afectar la expresión del hongo; por esta razón, en las evaluaciones se subestima su participación en el control. El objetivo de esta investigación fue realizar talleres de evaluación con los caficultores experimentadores de tres veredas de los municipios de Riosucio (Caldas), Balboa y Santa Rosa de Cabal (Risaralda). Se colectaron frutos brocados al azar. Se ilustraron las posiciones de la broca. Se disecaron los frutos, las brocas muertas y vivas se individualizaron en viales y se colocaron en cámara húmeda durante 15 días. Los caficultores encontraron la presencia del hongo *Bb* en sus fincas, porque las brocas expresaron el

hongo al momento de la evaluación. A su vez, se presentó sobre las brocas en cámara húmeda: muertas sin hongo y vivas que murieron. La infección de hongo en Riosucio ocurrió en todas las fincas y varió de 9,1 a 55%. En Balboa la infección se presentó en tres de las cuatro fincas y varió de 7,5 a 81,0%. En Santa Rosa de Cabal la infección se presentó en tres de cinco fincas y el máximo de infección encontrado fue de 6,4%.

Manejo de la broca del café usando control cultural y liberaciones de *Cephalonomia stephanoderis* y *Prorops nasuta* a través de la investigación participativa con caficultores. Se seleccionaron 36 lotes comerciales comprendidos entre 1.000 y 10.000 árboles, equivalentes aproximadamente a 24ha, localizados en 30 fincas de los municipios de Buenavista, Montenegro y Quimbaya, diferentes en cuanto a variedad, edad, densidad, tamaño, topografía, altitud etc., pero similares en el manejo de la broca del café, el cual se basó en labores de control cultural y liberaciones de los parasitoides. Durante dos años se realizó el seguimiento de las poblaciones de broca en campo y en café almendra producido en los lotes. Debido a la heterogeneidad de las condiciones agroecológicas de cada lote, los resultados se analizaron como estudios de caso, mediante estadística descriptiva. Para facilitar el análisis, la información se agrupó por municipios. Los niveles de infestación por

broca en el campo se redujeron significativamente después de las liberaciones de *C. stephanoderis* y *P. nasuta*, regulando las poblaciones de broca durante cerca de dos años, encontrándose en promedio (\pm E.E) $2 \pm 1,8$; $3,5 \pm 1,9$ y $1,9 \pm 1,7\%$ para los lotes de Buenavista, Montenegro y Quimbaya respectivamente. El 83% de los caficultores vendieron café pergamino con niveles de broca inferiores a 2%. Los promedios fueron de $1,7 \pm 0,5$; $2,5 \pm 1,3$ y $1,3 \pm 1\%$ para los lotes de Buenavista, Montenegro y Quimbaya, respectivamente. En los meses posteriores a las liberaciones la presencia de los parasitoides fue observada por los caficultores en el 100% de los lotes, a través de las evaluaciones de posiciones de broca en los frutos infestados. El establecimiento evaluado al finalizar el trabajo de campo fue de 28, 90 y 82% para los lotes de Buenavista, Montenegro y Quimbaya, respectivamente.

Estudios con parasitoides de la broca del café

Biología de *Phymastichus coffea*, endoparásitoide de adultos de la broca del café, en tres altitudes diferentes de la zona cafetera colombiana. El presente trabajo tuvo como objetivo que los caficultores se familiarizaran con la biología del parasitoide *Phymastichus coffea* en tres fincas de la zona cafetera colombiana localizadas en

altitudes diferentes. Las evaluaciones fueron realizadas sobre brocas liberadas y parasitadas dentro de mangas entomológicas. Durante la planeación, ejecución y discusión de resultados se contó con la participación de caficultores y extensionistas de cada región dentro del marco de una "Investigación Participativa". A $19,3^{\circ}\text{C}$ (1800msnm en Santa Rosa de Cabal, Risaralda) fue de 59,98 días (huevo: 11,93; larva: 16,55, pupa: 31,49), a $21,5^{\circ}\text{C}$ (1400msnm en Quimbaya, Quindío) de 37,33 días (huevo: 5,52, larva: 17,72, pupa: 19,61) y a $22,8^{\circ}\text{C}$ (1200msnm en Viterbo, Caldas) de 34,5 días (huevo: 6,82, larva: 10,81, pupa: 16,93). Los índices promedio de parasitismo inicial fueron de 96% para Santa Rosa, 67% para Quimbaya y 62% para Viterbo. Los resultados demuestran que individuos de *P. coffea* pueden completar su ciclo desde huevo hasta adulto en cafetales comprendidos entre 1200 y 1800m. Es probable que en liberaciones inundativas de *P. coffea* los niveles de parasitismo puedan disminuir hasta en un 50% cuando no se hace uso de mangas entomológicas. Aún así, esos porcentajes son superiores a los obtenidos por otros parasitoides utilizados para controlar la broca, razón por la cual *P. coffea* podría ser una buena opción para regular la plaga.

Efecto de *Phymastichus coffea* sobre poblaciones de broca del café en cafetales. Este estudio tuvo como objetivo conocer el parasitismo de *P.*

coffea cuando se libera en condiciones de campo abierto utilizando frutos de tres edades de desarrollo (90, 150 y 210 DDF) (momento de la infestación), empleando tres tiempos de liberación después de la infestación con brocas (1, 5 y 9 días).

Los resultados muestran que el porcentaje de parasitismo depende tanto de la edad de los frutos como del momento de liberación del parasitoide. Los porcentajes de parasitismo oscilaron entre 30,8% y 85% según la edad del fruto y el tiempo de liberación.

Los mayores parasitismos se presentaron cuando *P. coffea* fue liberado un día después de la infestación con brocas para las tres edades del fruto, 90 días (77,6%), 150 días (85%) y 210 días (31,8%). Se observó que los niveles de parasitismo son mayores cuando la avispa es liberada en el momento en el cual las brocas apenas están entrando en los frutos.

La edad de los frutos también juega un papel importante en la dinámica de penetración de la broca en éstos y por consiguiente en los porcentajes de parasitismo de *P. coffea*, los mayores valores de parasitismo se registraron cuando la avispa fue liberada a los 150 DDF para los tres tiempos de liberación (1 día: 85%; 5 días: 81%; 9 días: 75%), comparados con el parasitismo registrado para los 90 días (77,6%; 54,31%; 49,75%) y con los de 210 días (31,75; 31,75 y 30,75%).

Estudio sobre la maduración de los huevos del parasitoide *Phymastichus coffea*. Con el objetivo de conocer el desarrollo de los huevos de este parasitoide para mejorar su productividad en el laboratorio, se seleccionaron diariamente por 20 días, 20 adultos hembras recién emergidas y 20 adultos hembras que se encontraban haciendo el orificio de salida del hospedante.

Se pudo encontrar que *P. coffea* madura parte de sus huevos dentro del hospedante. Las hembras colectadas saliendo del cuerpo de la broca presentaban en promedio 8 huevos maduros y las colectadas en las cajas de emergencia 10 huevos, lo que indica que este parasitoide va madurando más huevos inmediatamente después de emergidas del hospedante. En ambos casos se colocaron avispitas con broca y de inmediato se logró oviposición, comprobada a través de las disecciones y registro de sus huevos dentro del hospedante.

Evaluación de métodos de liberación en campo de *Phymastichus coffea*. Se compararon dos métodos de liberación en campo. Liberación de adultos emergidos y uso de bolsas de tela conteniendo grano infestado y parasitado con adultos listos para emergencia en el campo. Se evaluó el porcentaje de infestación y la posición de la broca en el grano, determinando un porcentaje mayor al 50% de brocas en posición A. B como

el óptimo para realizar la liberación. Una semana más tarde a la liberación se tomaron las muestras de los lotes y en el laboratorio se disecaron 50 adultos por repetición para cada una de las 4 repeticiones del ensayo.

La liberación de adultos colectados en tubos plásticos permite obtener parasitismos muy homogéneos en el lote de liberación, con valores hasta de 85% de parasitismo con un valor promedio de 70 %. La liberación colocando grano con brocas parasitadas dentro de bolsas de tela, fue menos eficiente comparada con la anterior. Las disecciones de los adultos de broca provenientes de las muestras de campo permitieron registrar un parasitismo en promedio de 55%, con valores máximos de 80%. La emergencia de los adultos en este caso es lenta, tomando en promedio 5 días para emerger el 85% de los adultos del parasitoide. Lo que explica en parte la reducción en los niveles de parasitismo. Se encontró que algunos de los adultos de la hembra no abandonan el hospedante y mueren, y también que el porcentaje de emergencia de los machos es reducido con un 45% del total. El desarrollo de los estados inmaduros del parasitoide en este tratamiento mostró la tendencia de la emergencia y oviposición del parasitoide, al encontrar huevos y larvas de diferentes edades, menos uniforme que en el caso de la liberación de adultos, cuyo desarrollo de los inmaduros es más parejo para cada una de las etapas del ciclo.

Evaluación del comportamiento en laboratorio de adultos de *Phymastichus coffea* de campo y laboratorio. Se compararon avispas emergidas de material colectado en campo y adultos de *P. coffea* del pie de cría de Cenicafé. La parasitación de los adultos de broca se realizó teniendo una relación de 10:1 brocas por hembra del parasitoide. En cajas galleteras se colocaron 70 granos de pergamino y se adicionaron 1.000 brocas 24 horas antes de la parasitación. A los 8, 15 y 20 días después se seleccionaron 50 brocas por tratamiento, colectando 5 por caja y se disecaron. Cada tratamiento contó con 10 cajas galleteras. El comportamiento de los adultos en ambos casos fue igual. Las variables tenidas en cuenta para evaluar el comportamiento fueron preoviposición, oviposición, porcentajes de parasitismo y número de estados por grano. Los porcentajes de parasitismo promedio fueron 75 y 74% para laboratorio y campo, respectivamente. El número de estados inmaduros del parasitoide por broca, a los 15 y 20 días fue de 2 para ambos tratamientos. Las muestras evaluadas a los 8 días registran en promedio 2,4 estados del parasitoide por broca, con registros de 23 larvas en un solo hospedante, lo cual indica el superparasitismo que ocurre en algunos casos. Sin embargo, en el 99% de las brocas parasitadas se forma un macho y una hembra.

Evaluación del parasitismo de *Phymastichus coffea* con

brocas emergidas de café pergamino desarrolladas en laboratorio y brocas provenientes de cereza infestada en campo. Se recolectaron 10.000 brocas de pergamino y 10.000 de grano de campo. En cajas galleteras se colocaron 70 granos de café pergamino seco de agua con 45% de humedad y se adicionaron 1.000 adultos de broca por caja. Se evaluó el porcentaje de parasitismo a los 20 días después de parasitado, para lo cual se colectaron 100 brocas por tratamiento, seleccionando 10 por caja galletera. Los parasitismos encontrados fueron en promedio de 78 y 81% para cereza y pergamino, respectivamente, lo que indica que la procedencia de los adultos de broca en este caso no influyó sobre el desarrollo de la cría en el laboratorio.

Dispersión y establecimiento del parasitoide *Phymastichus coffea* en campo. Se vienen tomando muestras mensuales en 5 fincas Los Sauces, (Palestina), Bolivia (Palestina), La Arboleda (Manizales), La R (Chinchiná), La Guamera (Chinchiná). Se disecaron 50 brocas por finca de cada muestreo. Los datos completos se están colocando en bases de datos para su completo análisis. En términos generales se puede decir que en todos los casos se ha logrado establecer el parasitoide, con porcentajes de parasitismo muy variables a través del tiempo, con registros de 70% uno y dos meses después de las liberaciones, disminuyendo a través del tiempo hasta niveles del 5%. Es importante aclarar que en

algunas fincas ocurrieron porcentajes de cero en uno de los muestreos, pero al mes siguiente los porcentajes encontrados fueron hasta del 18%. La dispersión es notoria encontrándose hasta 200m del sitio de liberación 3 meses después de realizada. A los 6 meses se pudo registrar su presencia entre 200 y 250m del sitio de liberación.

Cría masiva de la broca del café y de sus enemigos naturales usando una dieta artificial. Las investigaciones llevadas a cabo en los Laboratorios de Control Biológico e Investigaciones de Cría Masiva de Insectos de La USDA-ARS-Mississippi State, MS, USA han demostrado que la broca puede ser reproducida de una forma rutinaria y continua sobre la dieta artificial CENIBROCA. Controles de calidad, como la selección de hembras y formas de cosechar la broca aseguran que la fecundidad, fertilidad, tamaño y peso de este insecto no varíen a través de generaciones. La proporción de sexos en dieta es de 6 hembras por 1 macho, la cual es diferente a la que normalmente se encuentra en frutos de campo o pergamino, 10 hembras por macho. La dieta esta constituida por agua, agar, café, caseína, levadura, azúcar, ácidos, sales y vitaminas. 50.000 estados se cosechan por litro de dieta 45 días después de su inoculación. Se han realizado investigaciones para el desarrollo de sistemas de cría de los parasitoides de la broca. Resultados obtenidos sobre la metodología ya existente de *Cephalonomia*

stephanoderis y parámetros demográficos llevados a cabo en este proyecto con *Prorops nasuta*, fueron esenciales para el desarrollo de la metodología de cría para este último parasitoide. 18.000 *P. nasuta* hembras y machos se pueden obtener por litro de dieta. Una metodología para la cría de *Phymastichus coffea* se tiene establecida, la cual se está mejorando con el objetivo de producir este parasitoide a gran escala. Los trabajos de automatización de la dieta se están llevando a cabo, y se esperan resultados a corto plazo.

Estudios de campo con la broca del café

Evaluación y validación de planes de muestreo para estimar poblaciones de la broca del café. Se llevó a cabo un estudio para evaluar y validar varios planes de muestreos: 1. El plan de muestreo de las ramas; 2. El plan de muestreo de los frutos brocados; 3. El plan de muestreo ebel; y 4. El plan de muestreo por apreciación visual. En todos los casos se observó que el plan de muestreo que se realizó en menor tiempo fue el de apreciación visual, seguido por el plan de frutos brocados, el de las ramas y el ebel. Este último tomó cinco veces más tiempo en su realización que el de las ramas. Las estimaciones de los niveles de infestación para los tres primeros planes de muestreo (ramas, frutos brocados, visual) fueron muy simila-

res. Sin embargo el plan de muestreo por evaluación de frutos brocados en una longitud de rama que tenga 50 frutos presentó el inconveniente que se requiere calibrarlo para cada caso, ya que este parámetro de longitud en relación con el número de frutos varió entre fincas y lotes. En cuanto al plan de apreciación visual, tiene el inconveniente de que se requiere personal calificado y con experiencia en esta labor para llevarlo a cabo, y es necesario que el operario recorra muy bien el predio en forma similar al que se realiza con los planes anteriores.

En relación con el plan ebel, se encontró que además del tiempo tan grande que toma su ejecución, los resultados que se derivan de la tabla inherente al método, no dan una información que permita al caficultor tomar decisiones. En las recomendaciones de este plan, se indica que se siguen los mismos criterios del plan de muestreo de las ramas. Si esto es así, existe una gran divergencia en los resultados ya que por ejemplo en un mismo lote, con los mismos evaluadores, cuando para el método de las ramas se obtiene 4.6% de infestación, para el ebel se estima en 17,6% la infestación, a lo que corresponde una infestación del 25,2% en café pergamino, de acuerdo a la Tabla proporcionada. En estas condiciones no se debe recomendar el plan ebel para ser utilizado en fincas cafeteras hasta tanto no se ajusten los anteriores parámetros.

En cuanto al tiempo registrado para la evaluación de mortalidad de la broca en todos los casos este dependió del número de frutos muestreados independiente del plan de muestreo. En todos los casos este tiempo fue muy cercano a los 17 minutos o sea, el tiempo que tomó hacer la disección de 100 frutos para establecer la mortalidad de la broca.

Analizando la información de todos los lotes para el caso del plan de las ramas se encontró que el tiempo promedio empleado para hacer un muestreo en 30 sitios por hectárea de 5000 árboles fue de 24 minutos; pero cuando se hizo un muestreo 60 sitios en una hectárea de 10000 árboles este fue de 40 minutos. Lo anterior ratifica lo encontrado previamente que este método no es muy demorado para su realización. Es posible que este tiempo se pueda reducir más implementando el plan de frutos brocados con medida para 50 frutos ya que por ser más rápido presenta ventajas sobre el actual.

Diagnóstico en campo del manejo de la broca del café con insecticidas. La llegada de la broca del café a la zona cafetera colombiana obligó a los cafeteros a tomar medidas de control con insecticidas químicos, a los cuales no estaban acostumbrados. Esta actividad prosperó mucho en las fincas grandes del departamento de Caldas, donde empezó a convertirse en la única herramienta de control, olvidando las recomendaciones

sobre el enfoque del manejo integrado de plagas. Después de varios años de un uso indiscriminado de insecticidas como el endosulfan, existen indicios sobre la reducción en su eficacia para el control de la broca. Debido a esto y a los incrementos súbitos en poblaciones de broca causadas por el inicio del verano, a finales del 2000 y principios del 2001, Cenicafé inició un monitoreo en varias fincas para detectar el problema. Como resultado se pudo encontrar que las aspersiones de insecticidas no se hacen siguiendo la tecnología obteniéndose en muchos casos subdosificación y bajo cubrimiento. En los cafetales después de los pases de cosecha se dejan muchos frutos maduros en los árboles y se encuentra una población grande de frutos con broca en el suelo que generan frecuentes reinfestaciones. Todos estos factores se controlaron para poder definir el impacto de la aplicación del endosulfan y los resultados mostraron que la eficacia de este producto se ha reducido considerablemente de un 80% en los promedios históricos que guardan las fincas, a niveles en muchos casos inferiores al 35%. Todo lo anterior lleva a sugerir una posible resistencia de *H. hampei* al endosulfan y que exista también resistencia cruzada a otros insecticidas.

Detección de un gen de resistencia al insecticida endosulfan en una población de broca del café en Colombia. En una población de *Hypothenemus hampei*, prove-

niente de una finca de la zona cafetera donde se registró una disminución del 50% en el control de la broca usando endosulfan, se aplicó un método basado en la Reacción en Cadena de la Polimerasa (PCR-PASA) para determinar la presencia de una mutación genética identificada anteriormente como responsable de la resistencia al insecticida endosulfan en diferentes insectos (*Drosophila melanogaster* y *H. hampei* entre otros). Con este fin, se aisló DNA de una muestra de 100 brocas provenientes de un lote en Cenicafé que nunca había sido expuesto a insecticidas desde su aparición, y de 100 insectos del lote donde se había observado una disminución en el control del insecto. Usando iniciadores de PCR específicos se amplificó la región del gen *rdl*, un receptor de GABA, donde se ha ubicado la mutación que confiere resistencia a los insecticidas ciclodienos (aminoácido 302). Mediante la técnica PCR-PASA se detectó la presencia únicamente del alelo sensible en la población que no había sido expuesta al insecticida, mientras que en la población donde fue observada la disminución en el control del insecto, se observó la presencia tanto del alelo sensible como del alelo de resistencia. Los resultados sugieren que el mecanismo de resistencia al endosulfan que ha sido descrito en otros insectos puede presentarse en poblaciones de broca en Colombia.

Evaluación de la aplicación de Fentopen para el control

de la broca del café y observaciones sobre su dinámica. La evaluación de Fentopen para el control de la broca del café se realizó en la Subestación Experimental La Catalina en Pereira en árboles de variedad Colombia de cinco años y sembrados a una distancia de 2 X 1 m. Se utilizaron dos equipos de aplicación, Estacionaria: la presión de operación fue de 10psi y la boquilla. DX 35 y bomba de presión previa retenida, la cual se operó a 40psi, boquilla TX3. El volumen estimado por árbol fue de 68,7ml para la estacionaria y de 45,5ml para la de presión previa retenida. El insecticida Fentopen se evaluó en las dosis de 0,3 y 0,4ml por árbol y se adicióno Cosmoflux como coadyuvante en una proporción de 2,5ml por litro de la mezcla. La evaluación se organizó en un experimento completamente al azar. Los tratamientos fueron dos equipos de aplicación (estacionaria y presión previa retenida), dos dosis (0,3 y 0,4ml por árbol) y un testigo que no recibió aplicación. Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. Los tratamientos se aplicaron en parcelas de 300 árboles, en promedio. Después de realizada la aplicación en cada parcela se tomaron al azar 100 frutos verdes brocados, los cuales fueron disecados para establecer si la broca se encontraba muerta o viva. Los frutos recogidos se colocaron en tubulares de plástico en los cuales cada fruto quedaba individualizado para evitar que las brocas escaparan y así poder determinar la broca viva y muerta por efecto del trata-

miento, al igual que evitar considerar las brocas ausentes.

Este trabajo se orientó a hacer seguimiento a la población de la broca durante los cuatro pases sucesivos de recolección realizados después de la aplicación, haciendo la evaluación de infestación, evaluación de la recolección y evaluación de la posición de la broca en el fruto. Antes de empezar el experimento de evaluación de Fentopen la infestación fue estimada en 3,5% para el lote, el cual tenía una historia de infestaciones altas de broca superiores al 4,2%. En la evaluación de la posición de la broca, en los frutos verdes de consistencia dura y de una edad mayor de 90 días, se encontró que el 51,5% estaba viva y se encontraba en la posición AB y el 31,5% en posición CD. Con este criterio se planeó la aplicación del insecticida Fentopen en el experimento para evaluar dos dosis y dos equipos de aspersión. El lote fue cosechado tres días antes de la aplicación. En la evaluación de la cosecha se encontró en el árbol y en el suelo 17,6 frutos en promedio. La cantidad de frutos dejados en el árbol fue de 11,7 en promedio y en el suelo de 5,9 frutos en promedio. El número de perforaciones en los frutos evaluados (verdes de consistencia dura) fue de 1,03 en promedio por fruto.

De los frutos dejados en el árbol (11,7) se encontraron 3,6 brocados en promedio (30,8%). Respecto a los frutos

dejados en el suelo (5,9) se encontró uno brocado en promedio (19,7%) La cantidad de frutos brocados en el árbol y en el suelo pueden ser un índice importante para el manejo de la broca del café. El tratamiento que presentó mayor control fue la estacionaria 0,3ml por árbol (29,3%), seguido por el de la presión previa retenida con 0,4ml por árbol (27,7%), estacionaria 0,4 (25,2%) y presión previa retenida 0,3ml por árbol (24,8%). En el testigo se presentó un 9,5% de mortalidad. Probablemente causada por la acción del hongo *Beauveria bassiana* o por causas abióticas. En la corrección de la mortalidad aplicando fórmula Abbott la mortalidad efectiva, después de corregir por el testigo se redujo a niveles de 21,9 a 16,9%. Estos niveles de control se consideran muy bajos. Por posición se encontró que el producto tuvo mayor acción sobre las brocas encontradas en posición AB que en la posición CD.

La infestación se mantuvo inferior a la estimada en todo el lote antes de realizar el experimento y estimar la infestación por las parcelas. La infestación en promedio en todas las parcelas del experimento fluctuó entre 1,6% y 2,2% durante los tres meses siguientes a la aplicación del insecticida. Por parcela la mayor infestación se encontró en el tratamiento de 0,4ml y el equipo de aplicación estacionaria. Esto probablemente ocurrió porque la parcela que se asignó como segunda repetición estuvo localizada en

el borde del lote que linda con una quebrada en la cual históricamente se han presentado altas poblaciones de la broca del café y su promedio afecto el del tratamiento.

La calidad de la cosecha varió con los pases de recolección. El conjunto de frutos dejados en el árbol y suelo fluctuó entre 13,2 en promedio en el primer pase (Julio) después de la aplicación a 26,8 frutos en promedio en el tercer pase después de la aplicación. Esto coincidió con el inicio de la cosecha donde los recolectores, por el mayor número y el afán de recolectar más café, pueden dejar mayor cantidad de frutos en el campo.

La cantidad de frutos dejados en el árbol fue mayor que los dejados en el suelo. El número de frutos dejados en el árbol varió entre 8,2 en el mes de julio y 14,9 en promedio en el mes de septiembre. En el suelo la cantidad de frutos dejados varió entre 4,5 en el mes de agosto a 11,9 en el mes de septiembre.

La posición de la broca sufrió un cambio fuerte con el desarrollo del fruto en el tiempo. En la primera evaluación, cuando los frutos tenían una edad aproximada de 90 a 120 días de desarrollo, donde se realizó la aplicación del insecticida Fentopen se encontró la broca en la posición AB fue del 64,6% de la población, mientras que a los 180 a 210 el 90,5% de la población se encontró en posición CD. Esto indica que ocurre un estableci-

miento de la broca en los frutos verdes y que se espera que con la cosecha esta población sea removida, se cuide de no dejar caer o dejar frutos brocados en el árbol. Además, estos resultados demuestran que la aplicación de un insecticida ya no tendría ningún efecto.

La posición de la broca tenida en cuenta con la infestación son los criterios para tomar decisiones de manejo de la broca. La posición fue realizada al momento de iniciar el experimento y al final para observar que pasa con la población de la broca en la población de frutos de café que se encuentran en desarrollo y que empiezan a ser sometidos a cosecha. Es conocido que es en ésta cuando se crea la dinámica de la broca por ser disturbada, cae al suelo o queda en el árbol en los frutos, con lo que se crea el reservorio de población para infectar la próxima cosecha.

Investigaciones con el hongo *Beauveria bassiana*

Evaluación de genes de hongos entomopatógenos para el mejoramiento de *Beauveria bassiana* hacia *Hypothenemus hampei*. De las cepas de *Beauveria bassiana* Bb 9112 que fueron regeneradas luego de la transformación con el plásmido pBarGPEI-GFP (que confiere resistencia al herbicida glufosinato de amonio y contiene el gen que codifica la proteína verde fluorescente GFP), se cuenta con cuatro cepas transformadas, identifica-

das como T1-1, T1-2, T2-2 y T2-3. En estas cepas, el gen GFP fue amplificado por PCR y un Southern blot mostró la presencia de múltiples copias de este en el genoma de los hongos. En el micelio de las 4 cepas, la expresión de la proteína GFP fue confirmada por observaciones al microscopio de luz UV. Pruebas de patogenicidad contra *H. hampei*, para 2 de las 4 cepas transformadas (T1-1 y T2-2) fueron realizadas por duplicado en diferentes épocas del año. El análisis estadístico mostró que no existen diferencias significativas con respecto al porcentaje de patogenicidad sobre la broca del café causado por *B. bassiana* Bb9112 y las cepas transformadas. Con el propósito de aumentar la patogenicidad de la cepa Bb 9112, ésta fue transformada con el plásmido pBarGPEI-conteniendo una proteasa (prIA), aislada de *M. anisopliae*. Se cuenta con 5 cepas transformadas y caracterizadas por PCR. Los resultados indican que sí existen diferencias significativas entre la mortalidad causada por Bb 9112 no transformada y las cepas transformadas con la proteasa prIA. Fue mayor la patogenicidad de la cepa transformada. Sin embargo, se observó en los insectos que morían por causa de la cepa transformada, aunque el tiempo de mortalidad era similar o en algunos casos menor, los signos de la infección sobre la broca (cubrimiento micelial y esporulación) se presentaban tardíamente al compararlos con la cepa no transformada. Esto puede afectar el comporta-

miento de estas cepas en condiciones de campo, ya que la cepa transgénica se establecería pobremente en campo.

Evaluaciones empleando la LC_{100} y LC_{50} de las cepas transgénicas y no transgénicas permitieron concluir que las cepas transgénicas que sobreexpresan la proteasa prIA de *M. anisopliae*, tienen un comportamiento diferente con respecto a su estrategia de patogenicidad. Generalmente *B. bassiana* cuando infecta *H. hampei* usa una estrategia de crecimiento; es decir, el hongo penetra, crece profusamente, invade la hemolinfa y causa la muerte del insecto. Al final de la infección se observa crecimiento micelial fuera del insecto y abundante esporulación. Con el hongo transformado, la sobreexpresión de la proteasa prIA tiene un efecto similar al de producción de una toxina, y en este caso, esta proteasa causa la muerte de *H. hampei* rápidamente, y puede llegar a ser más eficiente con respecto al porcentaje de mortalidad que las cepas no transformadas, pero hace que la cepa sea menos eficiente para competir con saprofitos e indirectamente interfiere con el grado de esporulación de ésta.

Detección y cuantificación de beauvericina en aislamientos de *Beauveria bassiana* patogénico a *Hypothenemus hampei*. Aislamientos de *Beauveria bassiana* se cultivaron en medio de crecimiento líquido con cutícula de broca y $1,4 \times 10^8$ esporas/ml, se incuba-

ron durante 20 días a $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ y HR 80% y a 110rpm. Los extractos obtenidos se separaron y se suspendieron en metanol, acetato de etilo y se pesó el extracto de micelio seco. Se utilizó como patrón Beauvericina comercial en concentraciones de 50, 100, 150, 200 y $500\mu\text{g/ml}$. Utilizando la técnica de puntos se aplicaron extractos de micelio *B. bassiana* y de beauvericina sobre cromatoplasmas HPTLC, se corrieron con fase móvil y se revelaron con vapores de yodo puro (I_2). Se detectaron las bandas de los patrones de beauvericina, de extractos de Bb9205, y de mezclas de beauvericina comercial con extractos de Bb9205. Para valorar el área de cada banda encontrada de patrones y de extractos del hongo se realizó una regresión y se calculó la concentración de toxina presente en las bandas encontradas y su Rf.

En los resultados obtenidos el peso del extracto final para el aislamiento Bb9205 fue de 350mg y de Bb9620 de 323mg ambos en el día 11. Para Bb9205 se obtuvieron 0,37mg de toxina. Al compararla con los estándares, el porcentaje de micotoxina en el extracto crudo fue de 0,11% y la producción estimada de toxina por gramo de micelio seco fue de 1,1mg. El peso del extracto por gramo de micelio seco para el aislamiento Bb9205 del día 9 fue de 326mg y se obtuvo 0,12% de toxina en el extracto crudo por gramo de micelio seco y el total de toxina por gramo fue de 1,2mg. Los resultados de este estudio

comparados con los realizados en otros aislamientos de *B. bassiana* confirman la variabilidad en la producción de beauvericina por diferentes aislamientos.

Efecto de la toxina beauvericina sobre la broca del café.

Beauvericina (BEA) producida por *Beauveria bassiana* se evaluó sobre larvas de primer instar y sobre adultos de *Hypothenemus hampei* por inmersión y aplicación tópica, respectivamente, utilizando concentraciones de 25, 50 y 75ng/ml de toxina 1, 3 y 5 días. El bioensayo se mantuvo en un cuarto a $27^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}$ y HR entre 75 - 80 %. Los resultados muestran que no hubo diferencias estadísticas significativas del efecto de la toxina sobre adultos, pero sí efectos sobre larvas de primer instar, alcanzando mortalidades < al 10% al día 1 de evaluación, > al 30 % para los días 3 y 5 y superiores al 50% al día 8. Se considera que factores como el grosor de la cutícula, la presencia de melanina, la esclerotización en coleópteros, la detoxificación y la mayor permeabilidad de la cutícula inciden en la eficiencia de la toxina tanto en larvas como en adultos.

Producción de anticuerpos policlonales contra la micotoxina beauvericina producida por *Beauveria bassiana*. El estudio de moléculas biológicas producidas por hongos entomopatógenos ha generado en los últimos años un interés agronómico debido al deseo de la comunidad agrícola

de utilizar microorganismos en el control de plagas. En este estudio se realizaron dos inoculaciones a los 0 y 28 días, donde se utilizó beauvericina como inmunógeno para la producción de anticuerpos policlonales en concentración de 2,5mg de micotoxina Beauvericin B 7510 disuelta en 1,5ml en etanol: agua y mezclada con coadyuvante incompleto de Freund's e inoculada por vía intramuscular en conejos hembras raza Nueva Zelanda. Posterior a la segunda inoculación se colectó el antisuero y se llevó a congelación a temperatura de -80°C . La presencia de anticuerpos específicos contra la toxina se realizó a través de Western Blot usando patrones de esta toxina. Además, su producción en los aislamientos Bb9205 y Bb9620 fue corroborada a través de pruebas serológicas.

Efecto de factores climáticos sobre las esporas de *Beauveria bassiana* usadas para el control de la broca del café.

El propósito de esta investigación fue establecer el efecto que tiene la radiación solar y la humedad relativa sobre la calidad de las esporas; además, establecer el efecto de la lluvia en algunas intensidades sobre la permanencia de éstas en hojas y frutos. Fue necesario establecer un método para la determinación del tamaño de las gotas con el empleo de la grátula Porton G-12 y obtener un buen criterio para el recuento y diferenciación de las gotas para los cubrimientos. Una vez hecha la calibración de los equipos, se calibró una metodología para

recuperar las esporas asperjadas de las hojas y frutos, y evaluar la concentración y germinación. Para esto se probó inicialmente con agitación manual en una solución que facilitara el desprendimiento de las esporas. Este procedimiento no produjo un porcentaje de esporas que permitiera llevar a cabo las evaluaciones, por lo cual, se optó por colocar las muestras en un agitador. Este método permitió recuperar una proporción considerable de esporas con la cual se podía realizar las evaluaciones de las variables de respuesta: concentración y germinación. En vista que la solución con la cual se recuperaban las esporas de *B. bassiana* también arrastraba los microorganismos presentes sobre las hojas y frutos, hubo necesidad de seleccionar un medio de crecimiento con el cual se lograra la germinación de las esporas de *B. bassiana* y en lo posible, que disminuyera la de los contaminantes, ya que éstos últimos no permitían que el entomopatógeno se expresara en los medios de cultivo convencionales. El experimento llevado a cabo mostró que uno de los seis medios evaluados (agar agua) permitió una adecuada lectura de la germinación de las esporas. También se determinó el estrato y ubicación en la haz y el envés de las gotas producidas en una aplicación con el equipo Motas, sobre los colinos de café de nueve meses que se emplearían en esta investigación. Con este experimento se determinó la distribución de las gotas y el estrato y de las hojas por evaluar teniendo en cuenta que

se necesita recuperar una cantidad mínima de esporas para los trabajos de esta investigación.

Mortalidad de la broca del café por *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* reactivados sobre insectos vivos y sobre medio de cultivo SDA con insectos macerados. Estudios previos indican que *B. bassiana* puede ser conservado en medio de cultivo con brocas maceradas, manteniendo la patogenicidad hacia *H. hampei*. Por esta razón se realizó el presente estudio con el objetivo de establecer la diferencia que hay en la patogenicidad de los hongos *B. bassiana* y *M. anisopliae* sobre broca del café después de ser reactivados directamente sobre insectos vivos y sobre medio SDA más insectos macerados. Para el estudio se utilizaron los aislamientos Bb-9205 y Ma-9236 almacenados en medio de cultivo SDA. Los tratamientos fueron cuatro: T1: Aislamiento Bb-9205 obtenido de sembrar suspensión de esporas del hongo en medio SDA más insectos macerados. T2: Aislamiento Bb-9205 obtenido de sembrar brocas infectadas con el hongo en medio SDA. T3: Aislamiento Ma-9236 obtenido de sembrar suspensión de esporas del hongo en medio SDA más insectos macerados. T4: Aislamiento Ma-9236 obtenido de sembrar brocas infectadas con el hongo en medio SDA. Se determinó el porcentaje de germinación de las esporas de los hongos a las 24 horas y la patogenicidad de los hongos sobre la broca. En

las pruebas de germinación se observaron diferencias significativas entre tratamientos (Tukey 5%), el T1 presentó un porcentaje de germinación mayor que el T2. Sin embargo no hubo diferencias significativas entre T3 y T4 pero sí entre éstos con respecto a T1 y T2. En las pruebas de patogenicidad se observaron diferencias significativas con respecto a la forma de reactivación del hongo. Los T1 y T3, mostraron porcentajes de mortalidad mayores que T2 y T4. Estos resultados sugieren que es posible que la mayoría de los aislamientos de *B. bassiana* y *M. anisopliae* puedan aumentar la mortalidad a la broca del café si se mantienen en medio de cultivo con insectos macerados.

Control de calidad a formulaciones de hongos entomopatógenos. Durante el presente período se realizaron 27 pruebas de control de calidad a formulaciones de hongos entomopatógenos utilizadas para el control de la broca del café. Las formulaciones evaluadas fueron: Concentrado de esporas, Producto artesanal en botella de vidrio, Producto artesanal en bolsa plástica, Bioplág, Micosplág y patrón de referencia, procedentes de la Planta piloto de producción de hongo de Cenicafé, Comité de Cafeteros de Santander, Hongos Tropicales, Bioprotección, Orius y Laboratorio de Control de Calidad de Entomología.

En el análisis que se realiza de rutina a las formulaciones de

entomopatógenos se tiene en cuenta, la evaluación de la calidad biológica y fisicoquímica. Los resultados mostraron para estas variables que los mayores promedios para las formulaciones de *B. bassiana* en concentración de esporas/gramo fueron para el concentrado de esporas de la Planta Piloto de Cenicafé ($2 \times 10^{11} \pm 3,1 \times 10^{11}$) seguido por Bioplág ($1,9 \times 10^{10} \pm 1,8 \times 10^{10}$). El mayor porcentaje promedio de germinación de esporas a las 24 horas, lo presentó Bioplág ($81 \pm 1,3$) seguido del patrón de referencia ($80,4 \pm 13,4$). En las pruebas de patogenicidad, el mayor promedio de mortalidad se presentó con esporas no formuladas del patrón de referencia ($98,6 \pm 2,3$), y el concentrado de esporas de la planta piloto de Cenicafé ($92 \pm 14,3$). También se evaluó contra broca el producto Micosplág, en el cual se mezclan tres hongos en la formulación, *B. bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces lilacinus*. Para la determinación de la concentración de esporas/gramo se observaron esporas redondas ($6,2 \times 10^{10} \pm 1,7 \times 10^{10}$) donde no se pudo establecer con claridad cuáles pertenecían al género *Beauveria* y cuáles al género *Paecilomyces*. La germinación a las 24 horas de estas esporas fue de $94,6 \pm 2,3$. La mortalidad sobre broca se presentó de la siguiente manera: *B. bassiana* 13 ± 0 , *M. anisopliae* $13 \pm 5,4$ y *P. lilacinus* $74 \pm 3,3$.

Nematodos parasíticos a la broca del café

Efecto de entomonematodos sobre poblaciones de broca en frutos del suelo. Se estudió el efecto de la aplicación de dos entomonematodos nativos *Heterorhabditis* sp. HNI0100 (Rhabditida: Heterorhabditidae) y *Steinernema* sp. (Rhabditida: Steinernematidae) SNI0198 en cantidades de 125000, 250000 y 500000 JI por árbol sobre la población de broca del café que se encuentra en frutos ubicados en el plato del árbol. También se evaluó su efecto en la infestación en el árbol.

En la primera parte del experimento, correspondiente a la cosecha de mitaca (diciembre a marzo), no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos debido a la alta variabilidad en cuanto al número de granos con los que se inició el experimento. En la segunda parte correspondiente a la cosecha principal (julio a diciembre) se continuó con el experimento como se había planteado anteriormente, pero tratando de corregir las posibles fuentes de variación. Los resultados de esta segunda indican que no hubo diferencia en el efecto de las dos especies, las mortalidades fueron altas (53% hasta 88%) al cabo de un mes de la inoculación, éstas se redujeron a través del tiempo no encontrándose diferencias significativas con el testigo después de 60 y 90 días. En cuanto a la cantidad de nematodos utilizados no se pudo establecer una relación directa con la mortalidad. En conclusión estos nematodos sobre frutos brocados en el

suelo son capaces de: 1) penetrar los frutos brocados, 2) parasitar principalmente estados inmaduros de broca, 3) reproducirse en estos insectos parasitados dentro del fruto, y 4) reducir considerablemente las poblaciones de broca en los cafetales.

Producción de nematodos entomopatógenos a la broca del café bajo condiciones de laboratorio. Para la producción se han abordado las dos alternativas existentes: *in vivo* e *in vitro*. Para la primera usando larvas de *Galleria mellonella* tanto el detallado conocimiento del ciclo del nematodo a multiplicar como la implantación de sistemas sencillos para el almacenamiento, recuperación y selección de JI de alta calidad, han permitido incrementar producciones (más de 100 millones), almacenar hasta por dos meses nematodos con alta viabilidad y virulencia sobre insectos y disminuir los tiempos de todo el proceso de producción *in vitro*. La producción *in vitro* está orientada a producciones en bio – reactor.

Se cuenta con medios de cultivo que permiten el crecimiento óptimo de la fase virulenta del simbiote (Fase I), en condiciones simuladas de reactor se pudo mantener el desarrollo de los JI durante seis días, se identificaron condiciones que favorecen el paso de un estado a otro del desarrollo (huevos fecundados en hembras a J3, J3 a J4 y adultos), como incremento en viscosidad, oxigenación y el pH.

Enfermedades del café

I. LA ROYA DEL CAFETO.

Identificación de nuevas razas fisiológicas de *Hemileia vastatrix*. Mediante inoculaciones realizadas en el Centro Internacional de la Roya del Cafeto (CIFC), en Portugal, se confirmó con aislamientos no evaluados anteriormente en ese Centro que las razas de roya presentes en Colombia presentan genotipos complejos, desconocidos, o con genes de virulencia no descritos previamente en la relación roya-café. Con base en el análisis de los resultados obtenidos en Cenicafé se propone una identificación hipotética de los genotipos de las plantas y de sus aislamientos, la cual puede ser utilizada como punto de partida para una identificación más acertada y para inferir acerca de los genotipos de otras plantas y de otros aislamientos colombianos (Tabla 14).

La capacidad de adaptación del hongo a los genotipos de café que le son incompatibles, se corrobora con la presencia de la enfermedad en algunos de los nuevos linajes provenientes del cruce del Híbrido de Timor con la variedad Caturra, sembrados simultáneamente en cinco subestaciones. Inicialmente, inoculaciones artificiales en plántulas indicaron susceptibilidad del 7,31% de 41 linajes a alguno de los nuevos aislamientos estudiados en Cenicafé. Bajo la presión del inóculo de campo se detectó la enfermedad en el 41,46% de las progenies en La Catalina, 14,6% en Paraguaicito y 4,87% en El Rosario.

Resistencia incompleta. Con el CIFC, se iniciaron los análisis epidemiológico de la enfermedad en materiales susceptibles que expresan resistencia incompleta, evaluando el efecto de la altitud y el tipo de inóculo

presente, con materiales localizados en El Jazmín (1.600m), Naranjal (1.400m) y Granja Luker (1.020m).

2. LA LLAGA MACANA

Resistencia genética. En la fase de campo se identificaron 7 progenies F5 (plantas de 28 meses de edad), derivadas del cruzamiento entre Borbón resistente a macana x Caturra, con un alto grado de resistencia. Un año después de la inoculación de un aislamiento altamente patógeno de *C. fimbriata*, el 77% de las plantas de la variedad Caturra (testigo susceptible) murieron por efecto de la enfermedad que causó el 100% de anillamiento del tallo, mientras las restantes tuvieron el 91% de tallo afectado por la lesión del patógeno, cuyo promedio de longitud fue de 17cm. En la variedad Borbón (testigo resistente) el 21% de las

Tabla 14. Composición genotípica propuesta para las nuevas razas de la roya encontradas en Colombia, así como para los hospedantes de donde se igualmente, se iniciaron los estudios de identificación de razas en el Híbrido de Timor y generaciones tempranas de su cruzamiento con Caturra. La incidencia de roya en los materiales disponibles del H. de T. es de 5,6%, 11,1% para la generación F1, 36,8% para la F2, 23,5% para la F3 y 55,2% para la F4.

PLANTAS HOSPEDANTES		AISLAMIENTOS <i>H. vastatrix</i>	
S6	(SH5,10)	A6	(v5,10,11,12)
S4	(SH5,10,11)	A4	(v5,10,11,12,13,14)
S9	(SH5,10,19)	A9	(v5,10,19)
S3	(SH5,10,11,13)	A3	(v5,10,11,12,13,14)
S10	(SH5,10,11,12)	A10	(v5,10,11,12)
S8	(SH5,10,11,13,16)	A8	(v5,10,11,13,16,18)
S2	(SH5,10,11,12,13,14)	A2	(v5,10,11,12,13,14)
S5	(SH5,10,11,13,16,18)	A5	(v5,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19)
S7	(SH5,10,11,12,13,14,15)	A7	(v5,10,11,12,13,14,15,16)
S1	(SH5,10,11,12,13,14,15,17)	A1	(v5,10,11,12,13,14,15,17)

plantas fueron anilladas por el patógeno, mientras las restantes mostraron grados de resistencia moderada y alta, con promedio de 10,5cm de longitud y 57% de avance transversal.

Las 15 progenies en estudio mostraron diferentes niveles de resistencia. Las progenies D.F. 801,802,808,811,823,841 y 862 fueron altamente resistentes, con un 7,7% de mortalidad mientras las demás mostraron un promedio de 40,2% de plantas altamente resistentes, caracterizadas por formar tejidos de cicatrización rodeando completamente la lesión que tuvo una longitud promedio de 10cm y avance promedio de 45% de la circunferencia del tallo. Las progenies D:F: 835,868 y 838, presentaron el 30% de plantas con grados intermedios de resistencia, caracterizadas por formar tejidos de resistencia alrededor del 75% de la lesión ocasionada por el patógeno, cuyo avance transversal fue del 55% del tallo y longitud promedio de 11,5cm. Finalmente las progenies con baja resistencia fueron DF. 805, 826,850 y 790, con un promedio de 20% de plantas cuyos tejidos de resistencia cubrieron menos del 75% de la lesión causada por el patógeno, la cual tuvo un promedio de 12 cm de largo y avanzó en un promedio de 64,5 de la circunferencia del tallo de las plantas.

En cuanto a la obtención de materiales con resistencia a Llaga Macana y Roya, un 12% de las progenies F2,

provenientes del cruzamiento entre la progenie 664 (resistente a macana) por Híbrido de Timor, mostraron alta resistencia luego de inoculaciones con un aislamiento altamente patogénico de *C. fimbriata*, realizadas sobre plantas de 18 meses (en campo). Un 16% de las plantas exhibieron resistencia moderada, 24% baja resistencia y 48% de las plantas fueron susceptibles.

Incidencia de llagas radicales en el sistema café-yuca.

En el departamento de Quindío se realizó una evaluación en fincas cafeteras de los municipios de Armenia, Montenegro, La Tebaida, Circasia, Quimbaya y Calarcá. De un total de 172 fincas cafeteras con antecedentes de siembras de yuca se visitaron 30, encontrando 11 casos de ataque de llagas radicales. De 153 fincas con siembras actuales de café-yuca se visitaron 24, en las que se encontraron 5 casos de presencia de llagas radicales; mientras que de 15 fincas que nunca tuvieron siembras de yuca, en 6 de ellas se encontró ataque de llagas radicales. Considerando todos los casos se observó un 63,6% de ataque de llaga estrellada o *Rosellinia pepo*, y el restante correspondió a *R. bunodes*. Los focos detectados tuvieron desde 8 hasta 2.500 plantas de café afectadas por dichas llagas.

3. LA MANCHA DE HIERRO.

Efecto de niveles de fertilización. El análisis estadístico de

los datos sobre el efecto de los niveles de fertilización sobre la mancha de hierro en frutos de café, confirmó las observaciones preliminares del año anterior. En primer lugar, bajo las condiciones del experimento no se pudo determinar con exactitud el efecto del nitrógeno, del potasio y de su interacción, en la incidencia y severidad de *Cercospora coffeicola* en condiciones de campo. Se observó que al iniciar el experimento se omitió una recomendación de aplicar caliza dolomítica, en dosis de 100g por hoyo al momento de la siembra y por tanto, existe la posibilidad que la baja relación Ca/Mg (0,8-1,7/0,3-0,4meq/100g., años 96 y 99, respectivamente) haya tenido influencia en la absorción de otros nutrientes explicando la ausencia de respuesta en las fertilizaciones.

En segundo lugar, los mayores valores de las variables: incidencia en campo, incidencia en el café recolectado, porcentaje de pasilla y pérdidas en producción, se asociaron en algunos muestreos a los tratamientos N_{360} y K_2O_{360} y se diferenciaron en esos casos del tratamiento $N_{120} + K_2O_{120}$.

Los niveles de incidencia definidos en los pases de recolección antes del beneficio, no se reflejaron en los porcentajes de pasilla obtenidos en el café seco y trillado, aunque si se observa relación en esos pases entre la cantidad de frutos con grados de daño 3, 4 y 5 y los porcentajes de pasilla.

Finalmente, a pesar de que en las variedades Caturra y Colombia la enfermedad se inicia consistentemente 90 días después de la floración y continúa con su desarrollo hasta finalizar el ciclo de producción, el seguimiento de la enfermedad demuestra que, en las condiciones particulares de este trabajo, Caturra presentó menores porcentajes de incidencia en campo y en los pases de recolección; menores porcentajes de frutos con grado de daño económico; menores porcentajes de pasilla en cada pase de recolección; menores pérdidas por efecto de la enfermedad y, por todo lo anterior, mayor producción que variedad Colombia durante los tres años de la investigación. Sin embargo, la ausencia de un efecto evidente de los fertilizantes no permite obtener hasta el momento conclusiones aplicables a otras condiciones de suelo y clima, y sugiere nuevos análisis de los resultados.

Control químico. Con la participación de los Comités de Cafeteros de Cundinamarca y Caldas, se realizan trabajos de validación de la recomendación para el control químico de la mancha de hierro en frutos de café. Hasta el momento se ha observado la efectividad de la mezcla Cobre + Bayleton + Carrier para el control de la mancha de hierro en frutos de café, y la baja eficiencia de los fungicidas Punch y Alto. La aplicación de la mezcla fungicida disminuye la incidencia de la mancha de hierro en frutos de café, lo cual se refleja

en menor número de frutos con grado de daño económico en la cosecha y menores cantidades de pasilla

4. *Colletotrichum*.

En café las poblaciones de este hongo son responsables de problemas tales como antracnosis, mancha mantecosa y la enfermedad de la cereza del café (CBD), que pueden afectar notablemente producciones en plantaciones comerciales. Hasta este momento, y debido a la ausencia de características morfológicas diferenciadoras, no se ha hecho ninguna asociación entre aislamientos determinados y patologías específicas en café, excepto para CBD. Las tres especies del género *Colletotrichum* que están asociadas a este cultivo son *C. gloeosporioides*, *C. acutatum* y *C. kahawae*.

Variabilidad morfológica y genética. En el presente estudio se generó una micoteca de referencia con 50 aislamientos obtenidos a partir de tallos, hojas, flores y frutos tanto verdes como maduros que presentaban mancha matecosa o antracnosis, conservados en sílica gel tanto en forma multiespórica como monoespórica. Para estudios taxonómicos se han observado tanto las características morfológicas de los aislamientos como las moleculares.

En el CIFC, al comparar colonias de algunos aislamientos de *Colletotrichum sp* de

Colombia con *C. kahawae*, se observó que las primeras presentaron micelio blanco algodonoso, poco denso a denso, centro color salmón, algunas con marcado crecimiento radial, reverso blanco o crema con manchas de color salmón, y crecimiento diario entre 0,30 y 0,66cm. Por su parte, *C. kahawae* presentó colonias densamente algodonosas, gris a gris oliváceo oscuro, reverso con estrías oscuras en casi la totalidad de la colonia, con crecimiento diario entre 0,40 y 0,43cm.

Al nivel molecular se estudiaron en Cenicafé las regiones internas transcritas (ITSs) del DNA, las cuales consisten en dos regiones variables que están presentes entre las subunidades 18S, 5.8S y 28S del RNA ribosomal.

Los datos obtenidos se han comparado con *Ceratocystis fimbriata*, *C. kahawae*, *C. gloeosporioides*, *C. fragariae* y *C. acutatum* de referencia, obteniendo bandas entre 600 y 700pb, para los cincuenta aislamientos del presente estudio.

Proceso de infección de *C. kahawae*. En el CIFC se hicieron observaciones sobre el proceso infectivo de *C. kahawae*. Sobre los frutos de café, el patógeno germina y forma un apresorio entre 4 y 6 horas después de la inoculación; penetra la epidermis entre las 8 y 16 horas siguientes y continúa con la colonización de los tejidos, la cual conduce a la degradación de las paredes de

las células subepidermales y necrosis del tejido. Las primeras estructuras de reproducción (acérvulos) aparecen aproximadamente a los siete días y a los 14 se observa la producción de gran cantidad de conidias.

Susceptibilidad de otros órganos de la planta a *C. kahawae*. Se inocularon flores en estado de comino y completamente desarrolladas, frutos verdes en diferente estado de desarrollo, frutos maduros, hojas jóvenes y hojas completamente desarrolladas pero aún suculentas, y ramas de plantas y tallos de plántulas. Igualmente se observó la penetración en fruto por heridas. Todos los órganos inoculados fueron susceptibles al ataque del hongo. El desarrollo de las lesiones tiene una duración aproximada de 8 días. Se observó una penetración más rápida en las inoculaciones realizadas sobre heridas. Los resultados sugieren que el inóculo primario del hongo puede provenir de numerosas fuentes en la planta y que realizando trabajos de estandarización es posible definir nuevas metodologías para la detección de resistencia en germoplasma de café.

5. VIRUS

Diagnóstico. Se observaron diversos síntomas posiblemente asociados al problema y se obtuvo la transmisión positiva del virus mediante injertos en café, reproduciendo algunos de los síntomas ya registrados por Cenicafé. Se verificó la presencia del virus en Andes

(Antioquia) y en material experimental de Cenicafé, en los cuales se observaron partículas posiblemente virales de aproximadamente 60nm de diámetro en extractos de brotes y copas de café, utilizando microscopía electrónica de transmisión en el CIAT.

Transmisión e incremento.

Se realizaron actividades de obtención, cultivo e incremento de *Chenopodium amaranticolor* y *C. quinoa*, ambas especies registradas como hospedantes o indicadoras experimentales del virus, y se efectuó el reconocimiento y la cría del áfido vector experimental *Toxoptera aurantii*. Igualmente se iniciaron trabajos para identificar posibles hospedantes del virus en el campo, mediante el estudio de especies de arvenses registradas en la zona cafetera afectada. Se realizó el reconocimiento, obtención de semilla, adaptación a condiciones de cultivo y propagación de 18 especies de arvenses en casas de mallas. Estas plantas serán sometidas a inoculación mecánica y por medio de áfidos para evaluar su susceptibilidad al virus, en condiciones controladas.

5. LA CRESPERA DEL CAFETO.

Búsqueda de vectores. Bajo al premisa de que en la naturaleza la enfermedad puede ser transmitida por insectos chupadores, se desarrollaron actividades como colección, cuantificación y clasificación de insectos presentes en fincas afectadas por la crespeta,

ubicadas en los departamentos de Risaralda, Huila y Caldas. Como resultado se hizo la primera determinación de insectos cicadélidos en cultivos de café, identificando tres nuevas especies con la colaboración del Smithsonian Institute y el USDA. Hasta el momento, las pruebas de transmisión efectuadas con seis especies no han producido evidencia clara de crespeta en las plantas inoculadas; por tanto, se deben seguir realizando las observaciones de todos los materiales donde se realizaron las inoculaciones y adelantar trabajos de detección temprana de la enfermedad mediante técnicas de biología molecular.

Pruebas realizadas con el herbicida glifosato (Round-up) indicaron que a una concentración de 4ml/L se causaba un daño crónico a los meristemas vegetativos, reproduciendo sintomatologías similares a la crespeta. Finalmente, se mejoraron los métodos actuales de diagnóstico de la crespeta mediante injertos, y mediante biología molecular se hicieron las primeras evaluaciones para determinar la presencia de fitoplasmas y la ausencia de la bacteria *Xyllela fastidiosa* en café, y se adecuó una metodología en laboratorio para el estudio de enfermedades transmitidas por cicadélidos en café.

6. MICORRIZAS

Las Micorrizas Arbusculares (MA) como habitantes naturales del suelo se están constitu-

yendo en un microorganismo de gran beneficio para los requerimientos de crecimiento y desarrollo de cultivos de zona cafetera como el café, plátano, banano y caucho.

Identificación de especies nativas. En cultivos de plátano y banano los estudios indican no sólo la presencia y alta diversidad de estos hongos en los suelos cafeteros asociados a estos cultivos sino la posibilidad de identificar nuevas especies no registradas hasta el presente (Identificación realizada en la Universidad Católica de Louvain-Bélgica). Esporas de todos los géneros reportados se han aislado y luego de su incremento en los cultivos trampa, se está utilizando la técnica *in vitro* de obtención de esporas para llegar a su identificación. Este sería un punto de partida fundamental para seleccionar especies de MA de interés y formularlas con el propósito de ser incorporadas como un insumo biológico de alta sostenibilidad en estos cultivos.

Micorrizas en café. En almácigos de café se aprecia la importancia de la mezcla de suelo + pulpa de café como sustrato de gran valor en el crecimiento y nutrición de las plantas y en particular por el aporte de propágulos nativos de MA, los cuales están contribuyendo adicionalmente a favorecer las condiciones para el normal desarrollo. Igualmente, se están realizando evaluaciones en condiciones de campo, y el seguimiento realizado hasta el presente

indica que las plantas asociadas con estas especies de MA, más la adición de 2 productos biológicos actuando como biofertilizantes y balanceadores nutricionales, muestran un comportamiento similar al observado en las plantas cuyo manejo agronómico ha tenido la aplicación de lombricomposteo o de fertilizantes químicos.

Se continuó evaluando la incidencia que tienen las asociaciones simbióticas de algunas especies de MA en la reducción de la población del complejo *Meloidogyne javanica* e *incognita* en raíces de café.

Prototipos para aplicación.

Se diseñaron dos prototipos (A y B) con el fin de incrementar la efectividad y eficiencia del método de aplicación de productos biológicos para el control de nematodos en los almácigos de café. Con el producto comercial de Micorrizas Arbusculares "Biocas" se obtuvo un porcentaje de cubrimiento que osciló entre el 68% y 75%, medido mediante análisis de imágenes utilizando contrastes para determinar el área (cm²) cubierta con un programa desarrollado en Matlab.

Ambos prototipos produjeron profundidades de aplicación estadísticamente iguales, con una longitud promedio de 10,4cm.

Para una formulación con el hongo *B. bassiana* y «Biocas» de 5 y 10g/bolsa/producto se

obtuvo una dosificación más precisa con el prototipo B, con 9,78g y 4,93g, respectivamente. Finalmente, el rendimiento (segundos) de la aplicación mostró diferencias estadísticas significativas de los prototipos con respecto al método manual, siendo el Prototipo B el de mayor rendimiento, con un tiempo promedio de 4,98seg./bolsa.

Efecto en plátano y banano.

Plantas *in vitro* de plátano «Dominico-Hartón» y banano «Gran Enano», se inocularon con *Glomus fasciculatum*, *Glomus fistulosum* y *Glomus manihotis*, y con las mezclas de estas especies, usando como sustrato una mezcla de suelo, turba y lapilli, en proporciones iguales (1:1:1). La colonización radical estuvo entre 44 y 85% en banano, y de 30 a 84% en plátano. En las dos evaluaciones se observaron diferencias estadísticas en las variables de crecimiento, a favor de los tratamientos con las micorrizas arbusculares (MA), comparados con el testigo absoluto.

Los contenidos de fósforo fueron significativamente más altos en las plantas inoculadas con las MA comparadas con el testigo, a excepción de las plantas de plátano tratadas con la especie *G. fasciculatum*, que no presentaron diferencias estadísticas con el testigo (primera evaluación). El potasio y el magnesio en banano, y el magnesio, hierro y boro en plátano, no presentaron diferencias estadísticas entre tratamientos. *G. fistulosum* fue

la especie más efectiva en el crecimiento de banano, seguida por la mezcla de *G. fistulosum* con *G. manihotis* y la mezcla de las tres especies de MA. En plátano, la mezcla de *G. fasciculatum* con *G. manihotis* fue más efectiva que *G. fistulosum*, en ambas evaluaciones. Los resultados de esta investigación muestran la capacidad de las especies de MA., solas y asociadas para colonizar las raíces, incrementar el crecimiento y la nutrición de las plantas.

Control de Nematodos en plátano y banano. Debido a la gran importancia de los nematodos en musáceas, se llevó a cabo este estudio con el fin de analizar las respuestas respecto de las colonizaciones de micorrizas y las infecciones por nematodos patógenos. Este estudio demostró que las plantas micropropagadas de plátano Dominico Hartón y banano Gran Enano fueron colonizadas de manera efectiva al ser inoculadas con 30g/planta de inóculo completo de los hongos formadores de micorrizas (HFMA) *G. manihotis* y *G. fistulosum*, y que tuvieron beneficios de diferente índole.

A los 220 días la mezcla de endófitos arrojó mejores resultados al incrementar los pesos de raíces, de hojas y el área foliar en plátano, y el peso fresco aéreo y el área foliar en banano. Los demás índices agronómicos como altura, diámetro del seudotallo y peso seco aéreo no se incrementaron. En cuanto a los nematodos *Meloidogyne*,

Pratylenchus y *Helicotylenchus*, su actividad fue alterada. La población mostró una tendencia descendente en plátano con la mezcla de hongos micorrizógenos al igual que la cantidad de nudos mientras que los niveles de necrosis por las especies migratorias se mantuvieron altos. En banano hubo también descenso en la población de *Meloidogyne* y *Helicotylenchus* en todas las plantas con HFMA, incremento en la densidad de *Pratylenchus* y menor daño de los nematodos.

De los resultados obtenidos, se concluye que los HFMA, pueden representar un recurso útil que ayuda a manejar problemas de nematodos en musáceas y disminuir la severidad de sus daños.

Efecto en caucho. Plantas de caucho de 2 años de edad fueron beneficiadas en su crecimiento y desarrollo cuando se asociaron con la especie *Glomus manihotis* con niveles promedio de colonización de 46% y una producción de 11 esporas/g de suelo. El grado de micotrofia y los beneficios de esta simbiosis abren una gran perspectiva en el uso de las MA en el cultivo de caucho.

8. GENÓMICA

A pesar de su importancia económica en el ámbito mundial, muy poca información de la planta de café se ha generado al nivel genético. La adquisición de información del genoma del café es crucial para avances en

la construcción de un mapa molecular de la planta, la identificación de genes de importancia económica y el entendimiento de los mecanismos de regulación de los diversos procesos metabólicos que ocurren durante el desarrollo de la planta de café. Parte de esta investigación corresponde a la etapa final del convenio que se desarrolló entre Cenicafé y la Universidad de Cornell, dentro de los esfuerzos que se realizan hacia el entendimiento de la organización del genoma del café

Caracterización de genes de Resistencia. Se identificaron cuatro clones candidatos a genes de resistencia, similares a genes de diferentes plantas que confieren resistencia a patógenos como virus, nemátodos y hongos.

En las secuencias proteínicas derivadas de estos clones se detectó la presencia de motivos conservados para fosforilación de Proteín Kinasa C (TSR), Caseín Kinasa II (SFPD) y Tirosin Kinasa (RVGKEIAY), además de la presencia del dominio NB-ARC, un nuevo motivo de señalización compartido por los productos de genes de resistencia de plantas y los reguladores de la muerte celular. Estos primeros clones confirman la presencia de genes homólogos de resistencia en café, que se ubican en la familia NBS-LRR (Nucleotide Binding Site–Leucine Rich Repeats), confirmados por mapeo genético como responsables de la resistencia a patógenos en otras plantas.

Caracterización de ESTs (Expressed Sequence Tags). Una genoteca de cDNA fue construida a partir de tejido de hojas jóvenes de *C. arabica* var. Caturra. Un total de 751 clones fueron seleccionados, secuenciados en una sola dirección y las secuencias obtenidas identificadas por similitud con otras secuencias depositadas en las bases de datos dbEST y GeneBank. De las 751 secuencias obtenidas, 42% exhibieron similitud a genes conocidos de plantas u otros organismos, 19% a secuencias de proteínas de otros organismos con función no identificada y 39% representan nuevas secuencias. El análisis de los clones identificados indica similitud de las secuencias a una amplia diversidad de genes que codifican proteínas tales como enzimas, proteínas estructurales y factores regulativos.

Caracterización de microsatélites. Como parte del desarrollo de marcadores moleculares que serán utilizados para la construcción de un mapa molecular de café, se identificaron en Cenicafé secuencias de microsatélites o SSRs (Simple Sequence Repeats) en café en clones aislados de librerías genómicas.

El genoma del café mostró una baja frecuencia de microsatélites, comparado con genomas de otras plantas. Los microsatélites (AC)_n en café están frecuentemente asociados con otros microsatélites, especialmente del tipo (TC)_n y (AT)_n, mientras que microsatélites (AG)_n no están normalmente asociados con otros microsatélites. Los resultados también sugieren que el genoma del café posee un bajo número de microsatélites (ATT)_n, muy comunes en genomas de otras plantas. El análisis de secuencia

mostró que los microsatélites de café están comúnmente asociados con transposones del tipo MITEs (Miniature Inverted-repeat Transposable Elements). Estas secuencias de transposones pueden utilizarse para desarrollar nuevos marcadores moleculares, los cuales también serán útiles para la construcción del mapa molecular de café.

9. CONSULTAS FITOSANITARIAS

Se atendieron consultas fitosanitarias y se realizaron visitas de diagnóstico por daños ocasionados por, *Corticium salmonicolor*, *Cercospora coffeicola*, *Ceratocystis fimbriata*, *Colletotrichum* sp., *H. vastatrix*, *Phoma* spp, disturbios fisiológicos y aplicación de herbicidas, solicitadas por los Comités de Risaralda, Caldas y Cundinamarca, la Unidad Coordinadora Meta-Casanare, Convenio ICA-FEDERACAFÉ y por caficultores.

Mejoramiento genético y Biotecnología

I. MEJORAMIENTO POR RESISTENCIA GENÉTICA A LA ROYA (*Hemileia vastatrix*)

I.1 Selección por Resistencia Completa a la Roya. Evaluación regional de posibles componentes de la variedad Colombia. Treinta y nueve progenies F₆ seleccionadas de tres poblaciones de Caturra x

H. de T. identificadas como H3001, H3004 y H3005, están siendo evaluadas por rendimiento y resistencia a roya. Para producción se evaluaron las dos primeras cosechas en 5 localidades de la zona cafetera (Naranjal-Caldas, Libano-Tolima, Paraguaicito-Quindío, Rosario-Antioquia y Santa Bárbara-Cundinamarca). Se sembraron como testigos las variedades Colombia y Caturra

con control y sin control de roya. Análisis parciales para cada cosecha y para el acumulado de los dos años muestran diferencias estadísticas significativas entre progenies para producción en cada una de las localidades evaluadas y en el análisis combinado a través de localidades. Las mayores diferencias entre las progenies y la variedad Colombia se encontraron en las localidades de El

Rosario, Paraguaicito y Líbano. Una progenie en Naranjal, 4 en Líbano, 1 en Paraguaicito y 3 en Rosario, fueron menores en producción que la variedad Colombia. Las progenies con mayor producción en cada localidad y en el análisis combinado son derivadas de las mismas plantas F3, lo cual puede explicar la consistencia que han mostrado en las localidades evaluadas.

Todas las progenies evaluadas mostraron resistencia completa a la roya en el Líbano, El Rosario y Santa Bárbara, mientras en Naranjal todas fueron afectadas y en Paraguaicito sólo 7 posibles componentes estuvieron libres de la enfermedad. Lo anterior pone de manifiesto la presencia de razas complejas de roya capaces de atacar a derivados del híbrido de Timor en estas dos últimas localidades.

1.2 Selección por resistencia incompleta a la roya del café.

Evaluación agronómica de genotipos de café seleccionados por resistencia incompleta a *Hemileia vastatrix*. En siete experimentos de campo bajo la estructura de bloques divididos con dos factores en franjas (con y sin control químico de roya) se concluyó la evaluación agronómica durante un período de tres cosechas de la progenie de 106 progenitores cuya procedencia y reacción a la roya en términos de resistencia incompleta se presenta en la Tabla 15a. Se incluyeron como testigos las variedades Caturra (susceptible), Colombia (resistente) y selecciones por resistencia incompleta hechas en

experimentos concluidos. Se evaluaron 83 progenies de generaciones F4, F4RC1, F5 y F6, en las cuales participa el Híbrido de Timor como progenitor resistente, originadas de doce híbridos de la Colección Colombiana de Café, desarrollados en CENICAFÉ, seis del cruzamiento entre Caturra X Híbrido de Timor (C X H.T.), y siete de retrocruzamiento a la variedad Caturra (C X (C X H.T.)). Seis progenies F4RC1 derivadas del H.2213 en el que la fuente de resistencia es la introducción de *C. arabica*, N.197 utilizada en el cruzamiento de Cy A X (C X N.197). 17 progenies de híbridos triploides entre C X (C X C. can) procedentes de H.4075 y H.4303, en los cuales la fuente de resistencia a *H. vastatrix* es la especie *C. canephora*.

Durante el desarrollo de los experimentos en períodos de alta presión de roya (niveles de infección en Caturra superiores a 20%, medidos sesenta días posteriores a la floración principal), empleando los procedimientos de medida de este tipo de resistencia desarrollados en Cenicafé, las progenies se calificaron de acuerdo con su reacción a *H. vastatrix*, en resistentes (en sentido de resistencia incompleta) o susceptibles. Los criterios para calificar los genotipos se basaron en: estimación de pérdidas en producción (genotipos con contribución significativa a la interacción genotipo x control), progreso de la roya y la defoliación (agrupación

genealógica y contrastes ortogonales), estimación del área bajo la curva de progreso de la enfermedad (prueba de Dunnett 5%), y distribución histórica y máxima de la enfermedad evaluada con la escala ordinal de Eskes - Braghini de incidencia y severidad (agrupación por grado de ataque, valores modales, rangos e histogramas de frecuencias).

Para la calificación de un genotipo como resistente se asumió que debería ser discriminado como tal a través de todos los procedimientos de medida simultáneamente, los genotipos que no se ajustaron a este criterio se calificaron como susceptibles. El resultado de la evaluación mostró que en los derivados del Híbrido de Timor, 48 de ellos (57,8%) fueron calificados resistentes, en los de N.197 el 100% fueron susceptibles, en tanto que los de *C. canephora*, el 94,1% fue resistente. Sesenta y cuatro progenies (60,4%) de las evaluadas, se catalogaron como resistentes. Sobre estos genotipos se condujo la selección final. El comportamiento de la producción media de tres cosechas mostró diferencias significativas entre genotipos en todos los experimentos. La comparación de medias de tratamientos con relación al testigo Colombia, permitió establecer que 7 genotipos (6,6%) fueron superiores, 97 (91,5%) similares, y 2 (1,9%) rindieron menos que el testigo.

La altura de la planta (medida entre 24 y 30 meses) mostró que 27 progenies (25,5%)

Tabla 15a. Procedencia y reacción a *Hemileia vastatrix*. Materiales estudiados en siete experimentos. I/ Selección simultánea por efecto en la producción, progreso de la roya y la defoliación, área bajo la curva de progreso de la enfermedad, escala Incidencia y Severidad.

Expto y Localización	Nº de Híbrido	Cruzamiento	Generación Estudiada	Nº de Progenies	Reacción a roya 1/ Resist. Suscept.		
E.C. NARANJAL:							
MEG0238	H.3001, 3116	(C x H.T.)	F4, F5	4	0	4	
	H.3074, 3084	C (C x H.T.)	F4 RC1	9	5	4	
	H.2213	Cy (C x N-197)	F4 RC1	2	0	2	
	H.4075	Cy (AR x Can)	F4 RC1	3	3	0	
E.C. NARANJAL:							
MEG0239	H.3005, 3029	(C x H.T.)	F4, F5	3	2	1	
	H.3076	C (C x H.T.)	F4 RC1	1	0	1	
	H.3101, 3102	(C x H.T.) Cy	F4 RC1	7	2	5	
	H.4303	(C x Can) C	F5 RC1	10	9	1	
E.C. NARANJAL:							
MEG0240	H.3029	(C x H.T.)	F4	1	0	1	
	H.3074, 3075, H.3076, 3083, H.3084.	C(C x H.T.)	F4 RC1	10	5	5	
	H.2213	Cy (C x N-197)	F4 RC1	4	0	4	
	H.4075	Cy (Ar X Can)	F5 RC1	4	4	0	
E.C. NARANJAL, S.E. CATALINA:							
MEG0241	H.3001	(C x H.T.)	F5, F6	25	11	14	
MEG0243							
E.C. NARANJAL, S.E. CATALINA:							
MEG0242,	H.3001, 3004,	(C x H.T.)	F5	22	22	0	
MEG0244.	H.3005.		F4 RC1	1	1	0	
	H.3083		C (C x H.T.)	TOTAL	106	64	42
				%	100.0	60.4	39.6

I/ Selección simultánea por efecto en la producción, progreso de la roya y la defoliación, área bajo la curva de progreso de la enfermedad, escala Incidencia y Severidad.

Tabla 15b. Selección simultánea por resistencia incompleta a roya y atributos agronómicos.

Híbrido y Cruzamiento	Nº Prog.	Produc. @ cps/Ha-año		Altura planta (cm)		Características grano			
		Media	Rango	Media	Rango	% V	% C	% S	
H.3001 (C x H.T.)	5	435,7	383,4 - 461,4	135,1	122,3 - 144,2	6,6	12,3	71,0	
H.3005 (C x H.T.)	16	401,0	337,4 - 481,8	138,4	117,3 - 168,5	7,4	9,5	83,4	
H.3074 C (C x H.T.)	8	558,2	443,8 - 654,6	156,5	134,8 - 171,9	6,3	12,4	79,5	
H.3075, H.3102 (C x H.T.) Cy	2	440,7	426,8 - 454,5	143,0	128,3 - 157,6	7,1	11,6	69,6	
H.4075 Cy (Arab x Can)	5	490,9	481,4 - 500,8	133,1	126,3 - 143,8	4,8	11,2	72,6	
H.4303 (C x Can)C	3	431,3	370,3 - 471,3	143,9	140,8 - 148,0	7,4	11,6	74,6	
		39							

fueron más altas que Caturra, 73 (68,9%) similares al testigo, y 6 (5,6%) de menor tamaño.

En los defectos de las semillas el análisis del porcentaje de vaneamiento permitió establecer que con respecto a Caturra, 29 progenies fueron mayores (27,4%) y 77 similares (72,6%). Igualmente, la comparación estadística con relación a Caturra para la proporción de grano caracol, se encontraron 12 progenies (11,4%) superiores al testigo, 93 (87,7%) similares, y 1 (0,9%) inferior al mismo. En tanto que en los atributos del grano, el análisis del porcentaje de café supremo mostró que en comparación con Caturra, 79 progenies (74,5%) fueron estadísticamente mayores y 27 (25,5%) iguales, no se registraron valores de café supremo menores al del testigo, lo que ratifica el éxito de la selección en generaciones filiales anteriores. Este atributo tiene mayor aceptación en el mercado internacional del café.

La selección final considerando todas las variables evaluadas, permitió elegir un conjunto de progenitores elites por su resistencia a *H. vastatrix*, en combinación con producción, baja proporción de defectos de la semilla y tamaño del grano muy sobresaliente.

El fenotipo de estos progenitores seleccionados, en general no corresponde con el tipo Caturra, se trata de

árboles ligeramente más altos, algunos con ramas más largas, hojas con disposición pendiente, tamaño grande, y gran vigor vegetativo. En la Tabla 15b, se resumen las principales características de los árboles seleccionados.

2. SELECCIÓN POR RESISTENCIA A LA ENFERMEDAD DE LOS FRUTOS DEL CAFÉ (*Colletotrichum kahawae*)

Este proyecto tiene por objeto la búsqueda de fuentes de resistencia a CBD mediante evaluación en Portugal de materiales avanzados de mejoramiento y materiales de la colección de germoplasma, así como también, la evaluación agronómica de los materiales que presenten resistencia. Las actividades más importantes en este proyecto durante el periodo correspondiente a este informe están relacionadas con la identificación de resistencia en germoplasma de Cenicafe, mediante pruebas efectuadas en Portugal en condiciones de laboratorio y con el envío de germoplasma colombiano a Tanzania, para la evaluación en condiciones de campo.

Pruebas efectuadas en el CIFIC. Con el fin de confirmar la resistencia al aislamiento de Camerún que fue obtenida en 8 materiales avanzados de Caturra x Híbrido de Timor el año inmediatamente anterior, se enviaron dichas progenies de nuevo. Los resultados no confirmaron la resistencia a dicho aislamiento, presentando

todos los materiales susceptibilidad al aislamiento.

Pruebas de campo en Zimbabwe. La primera semana de septiembre el Dr. Dumisani Kutwayo informó que se estaba organizando la información sobre la evaluación de CBD en el campo para enviarla, posteriormente informó que estaban teniendo algunas dificultades y que por lo tanto el envío de los datos se iba a retrasar. Hasta el momento no se ha recibido información al respecto.

Pruebas de campo en Tanzania. La primera semana de octubre se enviaron a Tanzania 40 genotipos de material avanzado de Caturra x Híbrido de Timor, así como un progenitor F4 de Sudán Rumé x Catuai para ser evaluados por resistencia a CBD. Aún no se confirma su llegada.

3. CONSERVACIÓN Y EVALUACIÓN DE GERMOPLASMA DE CAFÉ.

Dentro del proyecto MEG0500 «Mantenimiento y Evaluación de Germoplasma de Café», en este año cafetero se continuaron con las funciones propias del mantenimiento del germoplasma colombiano de esta especie. Se revisó el origen, duplicaciones e interés de 214 selecciones, la mayoría de *C. arabica*, que se encontraban en mal estado en el experimento MEG0527 (Banco de Germoplasma II) y de acuerdo con el análisis hecho se elaboraron actividades de manejo,

renovación, evaluación especialmente de roya, o eliminación en los casos en que ya no se justifica su mantenimiento. Este estudio permitió además mejorar el manejo de las selecciones conservadas.

Por otra parte, en el experimento MEG0526 se recopiló la información relativa al origen, el posible interés, duplicaciones y evaluaciones en 20 introducciones de variedades o poblaciones segregantes portadoras de genes de resistencia a la roya recibidas en la década del 70 de Portugal. Como resultado de este estudio se encontró que algunas de las poblaciones segregantes habían sido estudiadas y seleccionadas en otros experimentos y que las variedades se encontraban en otros lotes de germoplasma. Se concluyó que no se justifica continuar con esta parte del experimento y se planeó su eliminación dejando sólo algunas introducciones que conservan su interés como germoplasma.

También se propagaron e incorporaron al germoplasma nuevos clones de plantas seleccionadas especialmente, provenientes de hibridación interespecífica.

Se elaboraron planes de manejo para los demás experimentos que contienen tanto materiales introducidos como seleccionados y se continuó con la sistematización y actualización relativa al germoplasma, con énfasis en los experimentos que habían sido reseñados en los informes anteriores.

4. MEJORAMIENTO POR HIBRIDACIÓN INTERESPECÍFICA EN CAFÉ.

Se presentan los resultados de los experimentos MEG0644 y MEG0645 finalizados en el año cafetero 2000 - 2001. En el primer experimento se evaluaron 9 progenies F2RCI y 7 F3RCI de híbridos con distintas introducciones de *C. canephora* con las variedades Colombia y Caturra como testigos, encontrándose después de 8 lecturas y cuatro años de evaluación que la mayoría de las plantas mantenía altos niveles de resistencia a la roya, especialmente las provenientes de las introducciones BP358 y BP46 de *C. canephora*. En cuanto a las características de grano, sólo la progenie EZ2 mostró un tamaño de grano y frecuencia de frutos vanos y granos caracoles similares a la variedad Caturra. Diez progenies tuvieron producciones similares a la Variedad Caturra con control de roya. Al final se seleccionaron las 28 mejores plantas de 7 progenies para avanzar la próxima generación y continuar la evaluación y selección.

En el experimento MEG0645 se evaluaron 13 progenies avanzadas de híbridos interespecíficos con *C. canephora* (Robusta) y *C. eugenioides*, introducidos en F3 y seleccionadas durante dos generaciones en Cenicafé. Algunas de estas progenies fueron evaluadas en el CIFC, para resistencia a diferentes razas de roya, y la mayoría segregó sólo plantas del grupo A (resistentes a las razas

conocidas). En campo casi todas las plantas mostraron roya aunque en muy bajos niveles (resistencia parcial). Los defectos de grano en las progenies ocurrieron con una frecuencia similar al de las variedades comerciales y su tamaño de grano fue en la mayoría de los casos superior al de Caturra. La producción del experimento fue baja por problemas de fertilidad del suelo, pero la mayoría de las progenies tuvieron producciones estadísticamente iguales a la de los testigos. Se seleccionaron 8 progenies para ser evaluadas en ensayos regionales y como progenitores para nuevos cruzamientos dentro de otros proyectos de la disciplina.

5. BÚSQUEDA DE FUENTES DE RESISTENCIA GENÉTICA A LA BROCA (*Hypothenemus hampei*), EN GERMOPLASMA DE CAFÉ.

En el proyecto MEG0800, "Búsqueda de fuentes de resistencia genética a la broca del café (*Hypothenemus hampei* F.) se continuó la evaluación del germoplasma colombiano de café. Se estudiaron 28 introducciones silvestres y semisilvestres recolectadas en 1964-65 por la misión de la FAO a Etiopía principalmente en la provincia de Illubabor, la cual junto con la de Kaffa, es la más rica en diversidad de la especie.

El experimento se sembró en la estación experimental La Catalina de Cenicafé (4° 45' N, 75° 44' W, 1310 msnm), perteneciente al municipio de Pereira (Risaralda - Colombia)

en noviembre de 1996, en un diseño completamente al azar con 10 repeticiones, la planta como unidad experimental y como testigo la variedad Caturra. Se intercalaron surcos de Caturra y se sembraron los bordes con la misma variedad para aumentar las poblaciones del insecto.

Se hicieron las prácticas agronómicas normales para un cultivo de café, pero no se hicieron aplicaciones de fungicidas ni insecticidas. En cada pase de cosecha se pesó la producción por planta y se contaron los frutos brocados en una muestra de hasta 500 frutos por planta, durante el II semestre de 1999 y los dos semestres del 2000 (13 recolecciones).

Se evaluó la frecuencia de frutos brocados por semestre y durante todo el período de evaluación. Como se encontró asociación negativa ($p=0,05$), entre la producción y la frecuencia de infestación se realizó análisis de covarianza para el porcentaje de infestación transformado a logaritmo y con la producción como covariable. Cuando las diferencias fueron significativas se compararon las medias de las introducciones con el testigo, mediante la prueba de Dunnett.

Las poblaciones de broca durante el experimento fueron bajas, menores del 10%, posiblemente debido a la alta precipitación registrada en los dos primeros semestres de evaluación, y los análisis de covarianza fueron significativos

tanto para cada uno de los semestres evaluados, como para el acumulado del período.

La prueba de Dunnett, con las medias ajustadas, mostró que tres introducciones tenían significativamente menos infestación que el testigo. Estas Introducciones mostraron además infestaciones menores del 5% en todos los semestres evaluados y se consideran promisorias para continuar los trabajos de búsqueda de resistencia a la broca.

6. TÉCNICAS DE TRANSFORMACIÓN GENÉTICA.

6.1 Regeneración de genotipos recalcitrantes de variedad Colombia mediante embriogénesis somática.

En el experimento BTE0213, la disciplina de Mejoramiento genético y Biotecnología de Cenicafe evaluó la capacidad embriogénica de un grupo de genotipos sobresalientes con el propósito de usarlos en sus trabajos de transformación genética. Un 80% de ellos mostró respuesta embriogénica baja o nula con los protocolos usados tanto por vía directa como indirecta (genotipos recalcitrantes). Para aprovechar estos genotipos se modificaron las concentraciones de hormonas y las relaciones entre auxinas y citoquininas.

Se probaron diferentes tipos y concentraciones de reguladores de crecimiento sin mejorar la respuesta embriogénica, sólo cuando se combinaron dos

auxinas (0,5mg/L 2,4-D y 1,0mg/L IBA) y una citoquinina (2,0mg/L de 2IP) en el medio de inducción, y de 1,0mg/L de 2,4-D y 4,0mg/L de BAP en el de proliferación, se produjeron embriones somáticos y tejido embriogénico de los genotipos CX2708 y DH4 con un 37,5 y 34,6% de embriogénesis somática total, respectivamente. Mientras que para el CUI778 una combinación de 2,0mg/L de 2,4-D, 3,0mg/L de IBA y 4,0 mg/L de 2IP en el medio de inducción y 3,0mg/L de 2,4-D y 6,0mg/L de BAP en el de proliferación produjo el mayor porcentaje embriogénico (27,8). Lo anterior indica que las relaciones de auxinas y citoquininas adecuadas para obtener respuesta embriogénica alta son específicas.

Esto se corroboró en otro ensayo en el que se probaron las mismas auxinas y citoquininas en concentraciones diferentes encontrando que la embriogénesis fue muy baja para los cinco genotipos probados (CUI778, CX2065, CX2708, DH4 y el Híbrido de Timor). Con las relaciones probadas se logró, por primera vez, la regeneración del Híbrido de Timor (principal fuente mundial de resistencia a la roya del café) mediante embriogénesis somática a partir de explantes foliares.

6.2 Evaluación de la capacidad embriogénica de genotipos de *Coffea arabica* cv. Colombia mediante embriogénesis somática. En

el experimento BTE0215 se continuó la regeneración de genotipos de alta capacidad embriogénica componentes de la variedad Colombia, con la finalidad de utilizar el tejido embriogénico en la transformación genética de café. Sólo uno de estos genotipos (Bl.625) reprodujo su capacidad embriogénica alta; mientras que los demás (BK.620 y BK.50) mostraron una respuesta media y baja, respectivamente.

El genotipo Bl.625 con capacidad embriogénica alta fue menos afectado por la época de recolección de explantes y la capacidad embriogénica fue superior a 50%, en la mayoría de los meses.

6.3 Evaluación de la actividad de promotores en suspensiones celulares de *Coffea arabica* l., cv Colombia transformadas mediante biolística.

Con el objetivo de evaluar la actividad de dos promotores constitutivos (el promotor 35S del virus del mosaico de la coliflor y el de Alfa tubulina de café) y un promotor de tejido específico de café que controla la expresión de la arabicina, que es la mayor proteína de almacenamiento en el fruto, se estandarizó la metodología de bombardeo de micropartículas en suspensiones celulares embriogénicas de *Coffea arabica* var Colombia, evaluando 4 factores que afectan la eficiencia del bombardeo: a) concentración y tiempo de aplicación del agente osmótico. b) distancia a la cual se coloca el tejido para bombardear, c) presión de

helio y d) distancia de recorrido de la onda de choque.

Se encontró que una concentración de osmótico de 0,5M aplicado 4 horas previas al bombardeo, combinados con una presión de 1550psi, una distancia al tejido blanco de 12cm y una distancia de onda de choque de 9mm fueron las mejores condiciones para obtener la mayor expresión transitoria del gen reportero introducido.

Una vez estandarizadas las condiciones adecuadas para la introducción de genes en café mediante bombardeo, se realizaron diferentes construcciones genéticas las cuales incluían el gen reportero *gus A* bajo el control de cada uno de los promotores a evaluar.

Estas construcciones se usaron para transformar mediante bombardeo diferentes tejidos de café como hojas y endospermo, además de células embriogénicas en donde se comparó la actividad de los dos promotores de café con la del promotor comercial 35S del virus del mosaico de la coliflor mediante la cuantificación de la expresión transitoria del gen reportero *gus A*.

Se encontró que los promotores de alfa tubulina y arabicina de café, tienen la misma actividad que el promotor comercial 35S en células embriogénicas de café transformadas. Igualmente, en hojas bombardeadas los 3 promotores tuvieron la misma actividad,

siendo esta mucho menor que en células embriogénicas.

En endospermo, la intensidad de la expresión del gen *gus A* al bombardear con el promotor de arabicina de café fue mayor que al bombardear con el promotor 35S, siendo esta la primera vez en la que se evidencia la actividad tejido específica de un promotor propio de café en endospermos transformados mediante biolística.

Mediante este experimento puede decirse que los promotores de Alfa tubulina y arabicina de café, son una alternativa viable para evitar el uso de promotores comerciales cuyo uso en transformación genética está restringido por patentes. Adicionalmente, estos promotores podrían ser usados para dirigir y modular la expresión en café de los genes de quitinasas e inhibidores de proteinasas que se tienen actualmente en Cenicafé.

6.4 Aislamiento y caracterización preliminar de clones genómicos homólogos a genes de resistencia a insectos en una biblioteca de *Coffea arabica* l cv. Colombia.

Este estudio pretende identificar secuencias homólogas a genes de resistencia a insectos en café. Para tal fin se construyó una biblioteca genómica de *Coffea arabica* var. Colombia utilizando el vector de clonación Lambda Fix II (Stratagene). Los fragmentos obtenidos mediante la digestión parcial del DNA genómico con

la enzima *Sau* 3AI tienen un tamaño promedio entre 12-17kb. La relación molar vector:inserto 1:3, permitió obtener un título de $1,33 \times 10^6$ ufp/ml. Este título garantiza que el genoma haploide del café esté representado aproximadamente 3,7 veces teniendo en cuenta que un genoma (1.158×10^9 pb) está representado en $3,56 \times 10^5$ ufp.

Para la búsqueda de los genes de interés se diseñaron primers específicos basados en la secuencia del inhibidor de proteasa de soya tipo Kunitz y para el de la lectina de frijol phaE. Empleando estos primers se amplificaron fragmentos en el DNA los cuales poseen una homología con aquellos obtenidos en soya y frijol.

Se procedió a realizar la evaluación de la genoteca. Ensayos preliminares mostraron que para encontrar el gen de Kunitz es necesario evaluar más de 100000 ufp. En el caso de phaE deben ser evaluadas más de 5000 ufp, aproximadamente. Las sondas utilizadas en esta evaluación corresponden a los productos amplificados de Kunitz G3F-G1R y phaE F90-R631 marcados radioactivamente. En el caso de la evaluación con la sonda de kunitz se observaron 3 señales positivas y 4 para phaE. La evaluación secundaria permitió identificar clones individuales.

En la actualidad se está confirmando la presencia de la secuencia de interés en los clones obtenidos en la evaluación de la genoteca.

6.5 Establecimiento de técnicas de transformación genética de *Coffea arabica* var. Colombia en las condiciones de laboratorio de Cenicafé. En café la introducción de genes de resistencia a insectos como la broca (*Hypothenemus hampei* F.) es una alternativa para la obtención de una variedad resistente a esta plaga, especialmente cuando no se tienen identificadas fuentes de resistencia dentro del género.

Para transformación, además de los genes de resistencia, se requiere un método eficiente para la incorporación del gen en el genoma de la planta. En este informe se presentan las actividades realizadas durante el año cafetero para establecer un procedimiento para obtener plantas transformadas de *Coffea arabica* con el gen reportero b-glucuronidasa (*uidA*) mediante infección con *Agrobacterium tumefaciens*, como paso previo a la incorporación de los genes de resistencia. Se evaluaron los siguientes factores que afectan el proceso: tipo de plásmidos, genotipos, cepas, tiempos de sonicación, cocultivo y precultivo. Para la transformación se usaron las cepas de *Agrobacterium tumefaciens* EHA105 y LBA4404 con los plásmidos pC1301 y pC2301. La eficiencia de transformación se evaluó por el número de puntos azules por gramo de peso seco de tejido embriogénico (TE).

Entre los tiempos de precultivo evaluados 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9 días, el control sin

precultivo produjo la mayor expresión transitoria del gen. Esto se explica porque las células en medio líquido están en división activa y son más susceptibles a la infección de la bacteria, cuando se evaluaron los tiempos de cocultivo 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 días, la mayor expresión transitoria del gen e integración del DNA en el genoma de la planta se obtuvo con 4 días. El tejido embriogénico diferenciado se expuso a sonicación por 300 y 600 segundos, encontrando que con este último tiempo la expresión transitoria fue mayor, porque se producen más lesiones que favorecen la transferencia del gen al tejido foliar.

La cepa de *A. tumefaciens* LBA4404 fue más eficiente para la transferencia del T-DNA en las células embriogénicas al presentar una mayor expresión transitoria del gen *uidA* que la EHA105. La expresión transitoria fue similar con los dos vectores de transformación (pC1301 y pC2301). El genotipo BK.620 mostró una expresión transitoria significativamente mayor que el BI.698.

La selección del TE con higromicina mostró mejor inhibición de las células sin transformar que con geneticina. La actividad enzimática del gen *uidA* estuvo directamente relacionada con el análisis histoquímico, ya que las plantas con mayor actividad enzimática mostraron una coloración azul intensa en la superficie de la hoja, mientras que las de baja

actividad presentaron una coloración tenue. La actividad enzimática de dos plantas seleccionadas con higromicina fue mayor que con las 10 plantas seleccionadas con geneticina y una de las plantas seleccionadas con geneticina no mostró actividad enzimática.

Las 10 plantas transformadas con el vector pC2301 y las 4 con el vector pC1301 mostraron la presencia del gen reportero *uidA* en la amplificación por Reacción en Cadena de la Polimerasa.

Con los resultados de los anteriores experimentos se estableció el siguiente método para transformación: el tejido embriogénico temprano (sin precultivo) sonificado por 300 segundos, o el diferenciado sonificado por 600 segundos, se cocultiva en medio sólido durante 4 días. Las suspensiones embriogénicas se poscultan por 6 días en medio líquido con cefotaxime y los tejidos transformados se seleccionan con higromicina.

En todos los ensayos en los que se obtuvo una expresión transitoria mayor a 50,000 puntos, se produjeron embriones somáticos que originaron plantas transgénicas.

6.6 Evaluación de un promotor específico del endosperma del café en plantas transgénicas de tabaco y café. La arabicina es la principal proteína del endospermo del café y el promotor del gen que la

codifica controla su expresión específicamente en el endospermo de la semilla. Con el propósito de analizar si este promotor controla de la misma forma la expresión de un gen heterólogo, se amplificaron por PCR fragmentos del promotor de 450 y 930 pares de bases (pb), respectivamente, y se clonaron en vectores de transformación colocándolos en posición 5' del gen de la β -glucuronidasa (*gusA*). Cada vector se introdujo en cepas de *Agrobacterium tumefaciens* las cuales, posteriormente, se usaron para transformar hojas de *Nicotiana benthamiana*.

Se regeneraron plantas transgénicas de tabaco que se llevaron por autofecundación hasta la producción de semilla y se analizó la actividad del gen *gusA* en hojas y semillas.

Los fragmentos de 450 y 930 (pb) del promotor de la legumina del café controlaron específicamente la expresión del gen *gusA* en el endospermo de plantas transgénicas de tabaco, siendo mejor la actividad con el fragmento de mayor tamaño. No se observó actividad del gen en las hojas de estas plantas.

Ensayos histoquímicos confirmaron estos resultados lo que puede permitir el uso de dichos fragmentos para controlar la expresión de genes heterólogos, involucrados en la resistencia a la broca, en el endospermo de la semilla de café que es el tejido atacado por esta plaga.

7. MARCADORES MOLECULARES.

Construcción de un mapa genético en café y su utilización para la detección de QTL. La utilización de marcadores moleculares en el mejoramiento genético abre una nueva perspectiva para la ampliación del conocimiento genético y acelera la selección en los programas de mejoramiento, lo cual es de gran interés, no sólo en cultivos anuales sino especialmente en perennes, como el café.

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

Toda la información generada con la ayuda de un mapa genético es útil en el mejoramiento al permitir la selección precoz por caracteres cuantitativos de interés agronómico, la selección indirecta para características de difícil evaluación,

introgresión de características por retrocruzamiento asistido por marcadores, predicción de fenotipos, etc. Posiblemente una de las aplicaciones de mayor impacto de la selección asistida por marcadores es el mejoramiento de caracteres cuantitativos. La mayoría de las características heredables de importancia económica resultan de la acción conjunta de varios genes. Estas características se denominan poligénicas, cuantitativas o de herencia compleja, siendo la producción uno de los mejores ejemplos. El mapa genético y el posterior análisis de este tipo de caracteres en poblaciones desarrolladas para tal fin permitirán obtener información sobre el número, posición cromosómica, magnitud del efecto e interacciones de los loci (región de un

cromosoma que corresponde a un gen) que controlan la expresión de dichos caracteres. Estos loci se denominan QTL (Quantitative Trait Loci), es decir, loci controladores de caracteres cuantitativos, y su manipulación es más compleja que la de herencia simple.

Los mapas genéticos ofrecen la posibilidad de identificar, localizar en los cromosomas (mapear) y medir el efecto de los principales factores genéticos involucrados en el control de estas características y permiten además, manipular estos genes individualmente durante la selección.

En el café, la información generada con la ayuda de un mapa genético es de gran

utilidad en el mejoramiento al permitir:

a) La selección temprana por caracteres cuantitativos de interés agronómico altamente influenciados por el ambiente, como la producción, la resistencia parcial a la roya, floración temprana, etc. b) la identificación de marcadores moleculares asociados a caracteres morfológicos con valor agronómico tales como altura de planta, vaneamiento, tamaño del fruto, esterilidad, etc. c) la selección indirecta para características de difícil evaluación como el CBD, que no puede evaluarse por no estar en el país, d) la introgresión de características por retrocruzamiento asistido por marcadores, predicción de fenotipos, etc.

Fisiología Vegetal

Floración del cafeto

Efecto del déficit hídrico del suelo sobre las diferentes etapas de la fisiología floral y producción en *Coffea arabica* L. cv. Colombia. En el presente año continuaron los estudios tendientes a determinar el efecto del déficit (DH) o exceso hídrico (EH), sobre el desarrollo floral del cafeto, crecimiento del fruto y producción de café cereza. Las determinaciones se llevan a cabo en plantas de café *Coffea arabica* L. cv. Colombia, sembradas en julio de 1999 y a las cuales se les han aplicado los

tratamientos de déficit hídrico o exceso hídrico, por períodos de cuatro meses y comparadas con un testigo. Hasta la fecha se han aplicado los tratamientos en seis ciclos de cuatro meses cada uno. Desde septiembre de 2000 se está midiendo el desarrollo floral y el crecimiento del fruto en todos los tratamientos, en dos plantas por parcela experimental y en seis ramas por planta con una periodicidad semanal. El seguimiento se realiza calificando el nudo de acuerdo con las escalas desarrolladas por Arcila & Camayo y Salazar & Riaño. Adicionalmente se

cosechan los frutos maduros de todas las parcelas y plantas que conforman la parcela experimental.

La tendencia general del desarrollo floral en los tratamientos es similar a la presentada en los ciclos iniciales (informe anual 1999-2000); sin embargo, el mayor efecto de los tratamientos se ha visto reflejado en la cantidad de los frutos cosechados, luego de varios períodos de déficit y exceso hídrico. En los dos primeros ciclos se hace evidente el efecto del exceso hídrico sobre el peso de los frutos cosechados, siendo más

importante que el déficit hídrico. En los ciclos posteriores el estrés se traduce en aumentos o disminución de los frutos cosechados con relación al testigo, pero es indispensable tener mayor información para poder tener conclusiones acerca del efecto real de los períodos marcados de déficit o exceso de humedad. Otra influencia de los tratamientos se traduce en la tasa de emisión de nudos. En el testigo transcurre el menor tiempo en promedio para la emisión de un nudo nuevo, mientras que en el déficit o exceso hídrico los períodos se alargan hasta en 10 días, dependiendo de la época en que se produce el estrés.

Fotosíntesis del caféto

Efecto del estrés hídrico sobre la actividad fotosintética en la planta de café *Coffea arabica* L. cv. Colombia. En general, se aprecia que la curva de secamiento del suelo independiente del ciclo de medición y de la profundidad del suelo es similar. Para todos los casos, la humedad volumétrica del suelo inicia entre el 40–45% y descendió hasta el 10% o menos a los 20cm de profundidad, entre los 20 y 40cm descendió hasta el 12–18% y para los 40–60cm, los valores siempre permanecieron superiores al 25%. Los modelos que explican el comportamiento son del tipo cuadrático, con r^2 superiores a 0,8 y altamente significativos ($p < 0,0001$). Para el tratamiento de exceso

hídrico en todos los ciclos de medición se logró que la humedad volumétrica en los primeros 20cm de profundidad permaneciera en valores superiores al 40% y en las demás profundidades en valores alrededor del 35%. Se ha observado, al igual que en mediciones anteriores, que la disminución en el contenido de humedad del suelo desde capacidad de campo permite alcanzar tasas fotosintéticas comparativamente superiores a las registradas bajo condiciones de exceso hídrico y suministro natural de agua por precipitación. La transpiración ha mostrado un comportamiento similar al de la fotosíntesis cuando la planta se encuentra bajo condiciones de déficit hídrico, contrario a lo que sucede cuando ésta se desarrolla bajo las otras dos condiciones. Debido a la alta transpiración bajo condiciones de exceso, la asimilación neta de CO_2 se ve afectada en forma negativa (menor eficiencia en el uso del agua).

El comportamiento de la conductancia estomática explica la regulación del proceso de intercambio gaseoso de la hoja bajo condiciones de déficit y exceso hídrico. Al parecer las plantas bajo condiciones de déficit hídrico emplean en forma más eficiente la oferta de radiación en el proceso de fijación de CO_2 .

Efecto de la nutrición mineral sobre la fotosíntesis de la hoja del caféto. Se estudia el efecto de la disponibilidad de

nitrógeno sobre el proceso de intercambio gaseoso y la actividad bioquímica de la planta de café bajo condiciones de invernadero. Hasta los 50 días después de la aplicación de los tratamientos (-25% N, -50% N, -75% N y 100% N) no se han observado variaciones considerables en la tasa de asimilación de CO_2 salvo en las plantas del tratamiento -75% N durante los primeros días. Sin embargo, la tendencia de la asimilación a través del tiempo se muestra a disminuir, mientras que la transpiración no tiene un patrón definido de respuesta a la disponibilidad del elemento. La conductancia estomática ha presentado un comportamiento similar al de la fotosíntesis en tanto que la concentración interna de CO_2 se ha relacionado inversamente con la fotosíntesis. Entre las variables bioquímicas el contenido de clorofila se ha caracterizado por alcanzar sus mayores valores a los 20 días después de la aplicación de los tratamientos, con una posterior disminución la cual ha sido más notoria en el tratamiento -75%N. La cantidad de proteína por gramo de peso fresco se ha visto afectada en forma negativa por la disponibilidad de nitrógeno debido probablemente a la alteración de los procesos de síntesis inducida por la reducción de este elemento. Se ha observado una relación directa entre el incremento en la actividad enzimática de RuBPCO y el contenido de clorofila hasta los 20 días la cual puede explicar el incremento inicial en la fotosíntesis registrado en el mismo período en

todos los tratamientos. Hasta el momento la actividad enzimática de PEPC no ha estado relacionada, al menos en forma directa, con el comportamiento fotosintético.

Fotosíntesis y relación

Fuente – Demanda en el cafeto. Se presentó para su discusión y aprobación ante el Comité Coordinador de Investigaciones el experimento «Fotosíntesis y Relación Fuente - Demanda en plantas de café *Coffea arabica* L.». Durante el período del informe se han puesto a punto las metodologías de medición tanto en campo como en condiciones semicontroladas, que permitirán profundizar en el conocimiento de la fisiología del cafeto en términos de la eficiencia de la producción y la distribución de los asimilados, dependiendo del tamaño y fuerza de los órganos fuente y demanda.

La información servirá como herramienta fundamental para la comprensión de las relaciones genotipo - ambiente y servirá de base para investigaciones que busquen maximizar la eficiencia fotosintética y la distribución de los asimilados hacia las zonas de producción.

Además, permitirá entender cómo se comporta la planta bajo un desbalance inducido en los órganos fuente o demanda, similar al generado por un disturbio fisiológico nutricional, por plagas, enfermedades y otros como cosecha mecanizada.

La información también será de interés en la Modelación Matemática del cultivo.

Perfiles cromatográficos y sensoriales del café tostado y molido según la altura de siembra del cultivo.

Se estandarizaron las condiciones de la técnica de GC/MS para estudiar la composición química de volátiles de café tostado y molido (variedad Caturra), provenientes de frutos cosechados en un rango altitudinal entre 1100-1900m. Los volátiles se extrajeron mediante la microextracción en fase sólida utilizando dos polímeros, polidimetilsiloxano y divinilbenceno/polidimetilsiloxano, obteniéndose mejores resultados con el segundo. Para la separación se utilizaron dos columnas cromatográficas, la DB5 (semipolar) y DBWax (polar), siendo ambas eficientes. Se seleccionó la DBWax por presentar mejor resolución cromatográfica. Se separaron 107 compuestos de los volátiles del café tostado y molido provenientes de diferentes alturas, de los cuales se identificaron el 80% a través de los índices de Kovats y espectrometría de masas. Se destacó la familia de los compuestos heterocíclicos (furanos, pirazinas, piridinas etc.) como constituyentes en mayor cantidad (siendo el mayor compuesto el furanometanol). Se encontraron relaciones lineales y cuadráticas altamente significativas entre algunos compuestos del aroma y la altitud de cultivo.

Adicionalmente se encontró una relación directamente proporcional entre la altura de cultivo y la granulometría, en tanto que no se obtuvo relación con la propiedades organolépticas.

Crecimiento y captura del carbono por la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth).

Se iniciaron los trabajos que permitan obtener un modelo dinámico del crecimiento y captura del carbono atmosférico por la guadua, en términos de la actividad fotosintética (bioquímica e intercambio gaseoso), de la acumulación y redistribución de la materia seca y del área foliar. Un grupo de determinaciones se llevan a cabo a partir de nuevas siembras (chusquines) en la estación Naranjal (Chinchiná), hacienda San Jorge (Pereira) y finca Balsora (La Tebaida), cada tres meses, hasta la fecha se han llevado a cabo dos mediciones. Otro grupo se hace a partir de renuevos en guaduales establecidos en la estación central Naranjal y en la hacienda San Jorge. Hasta la fecha se han realizado seis mediciones en cada localidad. Se han iniciado las mediciones en plantas completas de guadua a partir de chusquines en el sistema de cámaras para plantas completas diseñado para el intercambio gaseoso en Cenicafé y se tienen los primeros resultados sobre la actividad de las principales enzimas responsables de la incorporación del dióxido de carbono atmosférico.

Esta investigación es cofinanciada por el convenio

Proexport – Federacafé. Secado e inmunizado de la guadua (*Guadua angustifolia* Kunth). Se realizaron tres experimentos en condiciones de laboratorio para determinar las curvas de secado de diferentes probetas de guadua de diferente longitud. Además se culminó el montaje

de los sensores de temperatura en bulbo seco y húmedo en el horno para secado por ahumado, construido en el taller del diseñador Marcelo Villegas. Los sensores de temperatura y humedad adquiridos, se conectaron a un sistema de adquisición de

datos Fluke, y se iniciaron las mediciones respectivas que permitan tener las curvas de secado a partir del ahumado, para luego continuar con las pruebas físico-mecánicas y de inmunización contra los insectos plaga de este tipo de madera.

Postcosecha

La disciplina adelanta investigaciones en cosecha, despulpado y secado. En cosecha manual se continuaron las investigaciones con dispositivos de asistencia buscando incrementar el rendimiento operativo, disminuir las pérdidas de frutos al suelo, conservando la alta calidad y eficacia del proceso tradicional. Actualmente se trabaja en el diseño de sistemas para la captura de los frutos desprendidos, diferentes de las mallas colocadas en el suelo, que permitan utilizar eficientemente la herramienta sin sacrificar las ventajas operativas observadas. Se desarrolló tecnología para acoplar vibradores inerciales al tallo del café con la cual se evitan daños en la corteza del árbol.

Se están evaluando secadores de café con alimentación de carbón por gravedad, buscando bajo costo del combustible, controles de temperatura sencillos y confiables, y autonomía de combustible como alternativas válidas para el secado mecánico del café en Colombia en fincas de mediana y gran producción. También se trabaja en el desarrollo de un método simple, de bajo costo y confiable, para secadores solares, que permita al usuario obtener café en el rango de comercialización 10-12%.

Se iniciaron evaluaciones de la calidad física, sensorial y sanitaria de muestras de café almacenado. Se busca la adopción de Buenas Prácticas de Manufactura BPM, Procedimientos de Saneamiento SSOP y Plan HACCP en las fincas, lo cual podría ser una estrategia de búsqueda de competitividad ■



Ingeniería Agrícola

La disciplina adelanta investigaciones en los campos de Cosecha, Despulpado, y Secado.

Avances en cosecha de café

Por recomendación del LVI Congreso Cafetero de 1995 la disciplina ha orientado la mayoría de sus recursos humanos e infraestructura al estudio de alternativas tecnológicas que permitan disminuir los costos de la cosecha de café. En el período considerado se ha dado énfasis al estudio de herramientas manuales que le permitan mejorar el rendimiento a la mayoría de los recolectores, principalmente a aquellos que en un día de trabajo no obtienen ingresos por lo menos iguales a un salario mínimo legal. En los ensayos obtenidos en campo con los prototipos evaluados se han logrado rendimientos notoriamente superiores a los observados por los considerados "buenos" recolectores de café, con calidad de cosecha en ocasiones similar a la tradicional. Se espera continuar los estudios en cafetales con diferente oferta de café, con y sin la aplicación de Ethrel en concentración de 800ppm, y diseñar y evaluar sistemas eficientes y prácticos para la captura de los frutos desprendidos.

En cosecha mecanizada se ha avanzado en el desarrollo de

dispositivos livianos, portátiles, de relativo bajo costo, que se puedan utilizar sin restricciones de pendiente, densidad de siembra, edad de la plantación, etc. En cosecha con vibración aplicada al tallo se logró diseñar un sistema de sujeción con el cual se evitan daños externos e internos en la zona de acople. Este sistema, acoplado al VITAC-1, está siendo evaluado en plantaciones de diferente edad y manejo. Se inició la evaluación en campo de equipos para impactar el follaje del café (COVAUTO e IL Tordo). En estudios básicos en cosecha con aplicación de vibraciones a las ramas se implementó, en MATLAB, un programa de elementos finitos que permite obtener información que podría ser útil para el mejoramiento de los equipos que se están evaluando y para el diseño de otros.

En despulpado del café se diseñó un dispositivo con el cual se evita que adhieran a la superficie de la placa utilizada para medir el impacto del café y de los objetos duros. La eficacia de detección es similar a la observada en el prototipo inicial (90 al 95%).

Se evaluó un secador con capacidad para 21 @ de capacidad estática, fabricado por la empresa Talleres Citará, de Bolívar (Antioquia), el cual utiliza carbón mineral con alimentación por gravedad. Por los buenos resultados obtenidos, es una alternativa a considerar para el secado del café en Colombia.

Cosecha de café con batidores mecánicos. ING 0107. En el período 2000-2001 se dio énfasis en: 1) Mejorar la calidad de la cosecha; 2) Incrementar el rendimiento operativo, 3) Disminuir los costos de la tecnología.

Teniendo en cuenta que con batidores mecánicos, operados a la menor presión de trabajo posible (5 bares), se debe impactar solamente racimos o nudos con proporción de frutos maduros superior al 75%, se trabajó en pase "pico de recolección", en árboles a los cuales se aplicó Ethrel en concentración de 800ppm cuando más del 80% de los frutos presentaran desarrollo superior o igual a 26 semanas después de floración. Aunque la calidad promedio del café cosechado fue similar a la registrada en el informe anual 1999-2000 (14,6% de frutos inmaduros en la masa cosechada), en el 57,1% de las unidades experimentales (de 7 sitios, 3 tallos por sitio, cada una) el porcentaje de frutos inmaduros fue inferior a 11,5%, el valor más bajo obtenido con batidores mecánicos en los estudios realizados en CENICAFÉ.

Para incrementar el rendimiento operativo, evitando el empleo de mallas, se construyó un dispositivo (denominado sistema de captura-1 ó SC-1) que permitió atrapar los frutos desprendidos por el batidor. Con el SC-1 se logró incrementar el rendimiento operativo hasta valores de 40,2kg/h (promedio = 31kg/h). La

eficiencia del SC-1, 48%, fue inferior a la esperada (>98%).

Para el accionamiento de los batidores se utiliza aire (200L/min/batidor) a presiones de 5 a 10 bares. Los equipos utilizados para generar el caudal de aire a la presión requerida (moto-compresor) y las mangueras para llevar el aire hasta el batidor son importados desde Italia, principalmente, y de relativo alto costo (muy afectado por la devaluación del peso). A los precios actuales se considera que la tecnología italiana no es económicamente viable para las condiciones colombianas. Para disminuir los costos notoriamente y la dependencia tecnológica se diseñó un prototipo accionado inicialmente por un motor DC el cual será evaluado y rediseñado, de ser necesario, en los próximos meses.

Diseño, construcción y evaluación ergonómica de dispositivos en la recolección de café. ING 0111. El año pasado se presentó una herramienta portátil, que puede ser accionada por un pequeño motor DC, AC o por un motor neumático, que permite desprender frutos mediante la aplicación de fuerzas tangenciales generadas por la rotación de agitadores de caucho colocados en tres ejes a 120° entre sí. Luego de realizar modificaciones al primer prototipo, para mejorar el desprendimiento de los frutos, disminuir su peso y facilitar su manejo, se realizaron ensayos en una finca comercial, ubicada en el municipio de Palestina, y

en el lote La Guamera (Estación Central Naranjal). En el lote La Guamera se obtuvieron los siguientes resultados en 18 árboles (cada árbol fue la unidad experimental) de variedad Colombia, plantillas de 2ª cosecha, sembradas a 1,0m x 2,0m: Calidad, representada por los frutos inmaduros 11,5%; Eficacia, indicador del porcentaje de frutos maduros desprendidos con la herramienta 67,0%; Rendimiento operativo, 39,3kg/h. Adicionalmente se midió la eficacia del sistema diseñado para atrapar los frutos desprendidos cuyo valor resultó en 66,7%.

Separación de frutos maduros por vibración electromecánica de ramas del café.

ING-0112. Se obtuvo un modelo matemático que representa en primera instancia adecuadamente las respuestas dinámicas de una rama de café cargada de frutos, cuando es perturbada mecánicamente. El modelo se basa en las ecuaciones de estado espacial, de un sistema formado por los elementos finitos en que se descompone la rama. La ecuación permite estimar todas las frecuencias modales de respuesta cuando la rama es sometida a diferentes perturbaciones mecánicas, incluyendo las modificaciones sustanciales cuando la rama va perdiendo sus frutos. Dentro de las múltiples ventajas que representa tener un buen modelo matemático de la respuesta dinámica de las ramas se ha dedicado la mayor atención a la posibilidad de utilizar estos avances en conjunto con las

tecnologías de controles modernos de ingeniería para propiciar la separación selectiva de los frutos maduros.

Cosechador de café por vibración del follaje

"COVAUTO". ING-0114. Se adelantó el mejoramiento del equipo buscando favorecer su adaptación a las condiciones de cosecha en el lote La Guamera en la Estación Central Naranjal. Se revisaron: la estructura metálica, el sistema de potencia hidráulica, el sistema para atrapar el café cosechado, el mecanismo de agitación del follaje y los equipos (tractores) previstos para remolcar el equipo en el campo. A partir de los resultados obtenidos en la etapa anterior se adelantaron las siguientes actividades:

- 1) Rediseño del sistema de anclaje ó soporte de las varillas del cepillo oscilatorio, buscando evitar su desprendimiento en condiciones de trabajo, facilitar su instalación y reposición (al igual que en las máquinas comerciales, un número importante de varillas de parten en campo y es necesario reemplazarlas rápidamente).
- 2) Instalación de un sistema de dirección para las ruedas delanteras para mantener sus direcciones paralelas
- 3) Instalación de un sistema de doble rueda en la parte trasera del COVAUTO para aumentar su flotación y facilitar su desplazamiento en terrenos húmedos con pequeñas depresiones.

4) Corrección de fugas en el sistema hidráulico.

5) Reubicación de componentes del equipo para mejorar el balanceo estático.

Las primeras evaluaciones en campo se están realizando en la cosecha principal del 2001, en árboles sembrados a 2,0m x 1,0m con aplicación de Ethrel (800ppm) para disminuir la fuerza de desprendimiento.

Evaluación técnico-económica de una cosechadora comercial de café. ING

0116. En el periodo de este informe se realizaron las siguientes actividades: 1) Se determinó el centro de gravedad del equipo IL Tordo siguiendo la metodología propuesta en la literatura para máquinas agrícolas. Por la posición del centro de gravedad en la dirección z (eje vertical), 12cm por debajo del eje motriz, el equipo IL Tordo se puede utilizar con un factor de seguridad de 2 en suelos con pendiente de hasta 71% (32,2°).

Para facilitar el entrenamiento del operario se elaboró el plano hidráulico del impactador de follaje. Adicionalmente se identificaron las posibles formas de operación del cepillo oscilatorio a partir de la aceleración del tractor (3 posiciones), velocidades de rotación del toma de fuerza (2), posiciones de la válvula que regula el flujo de aceite (8) y las velocidades del cepillo oscilatorio (2).

Con base a observaciones realizadas, de las 96 posibles combinaciones iniciales se descartaron 88 por generar un alto desprendimiento de frutos y hojas, por no desprender frutos, por generar daño mecánico excesivo o por ser similares entre sí. Para las 8 combinaciones restantes se determinó la fuerza de impacto y aceleraciones en la base, centro y extremo de los dedos del agitador, utilizando estos dos criterios para seleccionar las mejores combinaciones.

Las primeras evaluaciones con el equipo IL Tordo se realizan actualmente en el lote La Guamera, en la Estación Central Naranjal, en árboles de 2ª cosecha, plantillas, sembradas a distancias de 1,0m x 2,0m y 0,7m x 2,0m.

Estudio del principio de vibración de múltiples puntos al tallo. ING-0117

Este trabajo de investigación se continuó en el Laboratorio de Mecanización Agrícola de la Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín. Allí se continuó la construcción y el montaje del prototipo, incluyendo todas las modificaciones y ajustes al diseño original necesarios para ponerlo a punto. Se realizaron, en vacío y con cafetos transplantados en macetas, pruebas de calibración de las frecuencias y amplitudes de desplazamiento de las barras sacudidoras y se seleccionaron las dimensiones de los eslabones del mecanismo de vibración. Se escogió el rango de operación del prototipo para las pruebas de

evaluación de las eficiencias de transmisión de vibraciones en múltiples puntos. Se realizó un diseño experimental con 20 tratamientos y se hicieron los análisis estadísticos de los resultados utilizando el procedimiento RSREG del programa SAS para experimentos de superficies de respuesta. Para la fase final de evaluación del experimento a partir del análisis de los resultados, se seleccionaron como condiciones de operación que optimizan la mayor cantidad de variables respuesta las siguientes: frecuencia de 700 a 805cpm, amplitud de 55mm y 8 barras sacudidoras a cada lado (16 en total y espaciadas 13cm) de Prolón NA de una longitud de 146,7cm cada una. Se realizaron para estas condiciones pruebas de desprendimiento, selectividad y rendimiento, obteniendo 83% de desprendimiento de frutos maduros y 57% de frutos verdes, rendimiento de 327kg de café cereza por hora y mínimo daño visible en las estructuras del cafeto.

Para el estudio teórico-experimental de las ondas y esfuerzos generados se determinaron velocidades y aceleraciones resultantes en las barras sacudidoras, el tallo y ramas ubicadas en diferentes planos de vibración y estratos del árbol. También se determinaron algunas propiedades mecánicas como el modulo de Cortante del tallo (valor medio obtenido de 8,05Mpa) utilizando plantillas de variedad Colombia sembradas en la Subestación experimental El Rosario.

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

ING 0124 El prototipo construido para vibrar tallos de café (VITAC-I) permite superar las deficiencias observadas en modelos anteriores diseñados en CENICAFE. Con el VITAC-I se integran varias funciones permitiendo mejor maniobrabilidad y disminución en el número de operarios (únicamente 2).

En el último año se incorporaron al VITAC-I los avances obtenidos por García (2001)¹ en sistemas de acople al tallo con los cuales el daño mecánico (descortezamiento) en los árboles vibrados se redujo 0%.

En los primeros ensayos en campo con el VITAC-I se observó rendimientos brutos o potenciales entre 74 y 124kg/h y calidad de la recolección, medida en términos del porcentaje de verdes en la masa cosechada, entre 7,8 y 18,3%. Debido a las labores adicionales que es necesario realizar con el modelo actual para recoger los frutos desprendidos, el rendimiento efectivo se disminuyó a 20kg/h.

En la cosecha principal del 2001 se continuarán los ensayos de campo con el VITAC-I los cuales permitirán definir los pasos a seguir para mejorar su diseño (buscando facilitar el

manejo del equipo y disminuir los costos) y su desempeño (mejorar la calidad de recolección, eficacia y eficiencia).

Diseño y desarrollo de un sistema de control automático para un vibrador de tallo de café. ING-0133.

Durante este período se diseñó un nuevo sistema de sujeción para aplicar vibraciones circulares al tallo, utilizando conceptos de diseño del vibrador del VITAC-I y los resultados obtenidos por García. Adicionalmente, se mejoró el sistema hidráulico y se adaptó un panel electrónico para operaciones en campo, que evita el empleo de computador. El equipo se evalúa actualmente.

Efecto de la aplicación de acelerantes de maduración en la fuerza de tracción necesaria para desprender los frutos del café. ING-0136. Ethrel SL 48 es un producto hormonal, que aplicado en la época apropiada (cuando más del 80% de los frutos presenten desarrollo superior o igual a 26 semanas después de floración) y en bajas concentraciones (800ppm) permite disminuir las fuerzas de desprendimiento, sin afectar la calidad de la bebida. En los estudios realizados tampoco se ha observado efecto de la aplicación de Ethrel (800ppm) en el factor de rendimiento en trilla.

En trabajos anteriores (Informe anual de 1999 y 2000), se encontró que el producto a bajas concentraciones se comporta como un producto de contacto, o sea que su efecto sólo se observa en las partes en contacto con el producto, el resto de los frutos siguen su proceso natural de desarrollo.

En el período de este informe se continuaron las aplicaciones de Ethrel, 800ppm, en cafetales de variedad Colombia, localizados en Sasaima (Cundinamarca) y en la Estación Central Naranja (Lote La Guamera). En Sasaima, en zocas de café variedad Colombia, de color amarillo, de 3ª cosecha, en Sasaima (Cundinamarca), se observó una disminución en la fuerza de desprendimiento del 33%, lo cual favoreció el desprendimiento selectivo de los frutos maduros con los prototipos construidos en CENICAFÉ. En todos los ensayos realizados, a los 20 días después de la aplicación se ha observado el máximo efecto del producto.

Aunque el propósito del experimento no es intervenir en el proceso natural de maduración de los frutos se ha observado que los de 26 semanas de desarrollo, que ya han alcanzado su madurez fisiológica, aceleran su maduración y de esta forma se dispone

¹ GARCÍA U., F., Diseño de acoples para los vibradores inerciales de tallo de café. Experimento ING-0138. CENICAFE. 2001

de mayor cantidad de frutos en el pase de recolección siguiente, lo cual favorece el rendimiento y la calidad de cosecha tradicional (manual) y con herramientas.

Determinación de parámetros para el diseño de sistemas de acople de vibradores inerciales del tronco del café. ING 0138.

En este experimento se busca generar la información necesaria para diseñar sistemas de sujeción para vibradores del tallo del café que eviten daños en estructuras externas e internas del árbol y que transmitan eficientemente las vibraciones al tallo.

En la primera etapa de la investigación de laboratorio, se determinará el esfuerzo radial admisible por el tronco del café para tres edades (3ª, 4ª y 5ª cosechas) considerando los resultados obtenidos en ensayos a compresión y observaciones al microscopio, para detectar posibles daños en las paredes celulares. Aunque estos estudios no han finalizado, los resultados obtenidos hasta el presente indican que el esfuerzo radial para la corteza del café, para las tres edades consideradas es similar y está en el rango de 400 a 500psi. En la evaluación del sistema de acople propuesto en condiciones de campo, se observó una eficiencia de transmisión de vibraciones al tallo mínima de 80%. Como producto de esta investigación se desarrolló un sistema de acople para vibradores inerciales de tallo de café, con el cual se redujo a

cero el daño mecánico visible (descortezamiento) ocasionado a los árboles vibrados. Utilizando películas especiales se midió la presión de contacto entre el sujetador y el tronco de café. En general, en la corteza las presiones son inferiores a 100psi, valor muy inferior al esfuerzo radial admisible encontrado (400 a 500psi).

Estudio experimental de la respuesta dinámica del árbol de café (*coffea arábica* L.) sometido a vibración del tallo. ING 0140.

Conocer la respuesta dinámica del árbol de café sometido a vibración en el tallo es importante para establecer las condiciones de vibración (frecuencia, amplitud, punto de aplicación, tiempo de vibración) que permitan la mejor Calidad, Eficacia y Rendimiento posibles. Debido a la dificultad para abordar teóricamente el análisis de la respuesta dinámica del árbol cuando es vibrado en el tallo (entre otras razones, por su complejidad estructural, por las variaciones morfológicas entre árboles y con el tiempo para un mismo árbol, por la variación en la cantidad, distribución y diferencias en desarrollo de los frutos, por las variaciones en el anclaje, por el amortiguamiento ocasionado por árboles vecinos, etc), luego de consultar a expertos y trabajos publicados, se optó por abordar el estudio experimentalmente. Se midió la aceleración en 27 puntos localizados en los tercios medio y superior (las zonas más productivas en un árbol de 3ª a 5ª cosechas) y mediante un algoritmo elaborado en Matlab

se obtuvo, para cada punto, la eficiencia de transmisión de vibración. Se utilizaron como parámetros de vibración 3 frecuencias y tres puntos de aplicación de la excitación. El efecto de las frecuencias y el punto de aplicación de la fuerza para la variable eficiencia de transmisión fue evaluado, encontrándose que a medida que se aplica la vibración en partes bajas del tallo se logra una mejor transmisión de la vibración en la estructura.

Adicionalmente, se midió la transmisión de la vibración a través de una rama, se observó el comportamiento de las velocidades en el vibrador, y se verificó el desplazamiento o lazos generados durante la vibración (en vacío y acoplado al árbol) en el vibrador y en el tallo.

Cosecha de precisión de café con vibradores del tallo. ING 0142.

Basado en el principio de reflexión de la luz se diseñó e implementó un sistema electrónico para el reconocimiento y conteo de frutos de café, el cual presenta un error de reconocimiento y conteo de frutos inferior al 5%.

En una primera etapa del experimento se acopló el circuito electrónico de detección con un sistema de adquisición de datos conectado a un computador portátil en el cual se instaló una aplicación en LabView para contar frutos y generar una señal de alarma cuando el porcentaje de frutos verdes excediera un valor

preestablecido. Actualmente se adelanta el desarrollo de una aplicación en microcontrolador, cuyo objetivo es proveer una herramienta portátil que pueda ser usada en campo, ya sea permitiendo el conteo discriminado de frutos cosechados o como equipo de control para manipular el tiempo de vibración de los vibradores de tallo construidos en la disciplina.

Dispositivos para agilizar la cosecha manual del café.

ING 0143. Con la herramienta ORSEL, diseñada en el experimento ING 0129, de accionamiento manual, se logró un incremento importante en el rendimiento operativo con relación a la cosecha manual tradicional (80%), con calidad de cosecha inferior a la esperada (20% de frutos inmaduros en el café cosechado). En estudios posteriores con ORSEL se observó que no eran necesarios los tres anillos para desprender los frutos presentes en los nudos y que se podía simplificar el concepto inicial para obtener herramientas que permitieran cosechar café con mejores indicadores (Calidad, Eficiencia, Eficacia y Pérdidas), más fáciles de operar y de menor costo. Partiendo de lo anterior se siguió la filosofía para el diseño de máquinas agrícolas de la escuela del CIRAD (Francia) para fabricar prototipos, la cual consta básicamente de: conformación de un grupo de profesionales con conocimientos en el área a investigar (no más de 4 personas); análisis del problema por solucionar y propuesta de un primer prototipo de fácil

fabricación; se evalúa el prototipo, inicialmente por el propio investigador; los resultados se discuten y se analizan por el equipo de trabajo y se propone un nuevo prototipo, también de fácil fabricación, el cual se evalúa en el campo. En esta etapa se podría considerar la participación de un recolector. Se repite este proceso hasta obtener un prototipo promisorio, el cual se evalúa con rigor estadístico.

Siguiendo el proceso anterior se ha desarrollado un dispositivo, denominado "raspador", fabricado con una unión de PVC presión de 2", con cerdas de nylon de guadañadora y un "atrapador temporal" (o de captura simple) de frutos desprendidos construido en neumático de automóvil. Para capturar los frutos desprendidos por el raspador y contenidos en el atrapador temporal se utiliza un canasto de boca alargada, construido por Ramírez (2000).

En ensayos realizados en La Estación Central Naranjal (Lote La Guamera) en árboles de variedad Colombia, de 2° cosecha, con aplicación de Ethrel (800ppm) cuando más del 80% de los frutos presentaban desarrollo superior a 26 semanas se obtuvo: Eficacia 91,2%, Calidad 8,53%, Eficiencia 40,8kg/h y Pérdidas por frutos caídos al suelo 7,9%.

Evaluación de un peine mecánico en la cosecha de café. ING 0144. Se partió de un equipo utilizado en Italia para la cosecha de aceitunas en

huertos pequeños, en el cual se realizaron los siguientes cambios: 1) Se reemplazó el motor DC por un motor neumático; 2) Se reemplazaron los impactadores, diseñados para cosechar aceitunas, por otros con dimensiones apropiadas para golpear los racimos de café; 3) Se reemplazó el sistema de transmisión de potencia del eje del motor al eje que acciona el tren de engranajes, piñón de acero en el eje del motor neumático y piñón en el eje del tren de engranajes de plástico, por cadena y "sprockets", para darle mayor resistencia mecánica (mayor duración en condiciones de campo). El equipo pesa 1356g.

Las primeras evaluaciones con el peine mecánico (frutos inmaduros en el café cosechado del 11,9%, Eficacia de 83,3% y Rendimiento de 22,0kg/h) indican que es una herramienta portátil muy promisoriosa para la cosecha de café con la cual se puede trabajar sin limitaciones por la densidad de la plantación, la edad del cultivo, el manejo (plantillas y zocas de múltiples chupones), la pendiente y las condiciones de humedad del terreno.

Por sus características de diseño es posible desprender frutos en racimos con menos del 50% de maduros, cerca al tronco (difíciles de cosechar con las herramientas evaluadas hasta la fecha en Cenicafé) y en las ramas bajas en las cuales las ramificaciones secundarias y terciarias del árbol dificultan la cosecha aún con métodos manuales.

Diseño de sistemas de protección para las despulpadoras. ING.-0410.

Se presenta el rediseño en sus componentes mecánico y electrónico de los prototipos pescadores de objetos duros, cuyos anteriores modelos presentaban irregularidades en su funcionamiento. En el nuevo prototipo se reemplazó la placa estática por otra en forma de cilindro cónico que rota a 120rpm; el sensor se colocó en la superficie externa de este.

Para mantener la superficie libre de mugre y de granos de café en baba que se adhieren a ella se utilizó un limpiador de caucho interno. En la alimentación de café se empleó un tornillo sinfín, accionado por el motor que opera un módulo BECOLSUB 300 en el cual se instaló el nuevo prototipo. Las evaluaciones preliminares del prototipo construido muestran una efectividad similar a la de los modelos anteriores (90 – 95%).

Rediseño de una despulpadora de café. ING 0408. Proyecto realizado conjuntamente con la empresa INGESEC Ltda (Bogotá). Se avanzó notoriamente en el desarrollo de máquinas para despulpar café con mejores especificaciones técnicas y desempeño que las existentes. Con relación al equipo presentado el año anterior se realizaron los siguientes cambios: 1) Se colocó un dosificador (tornillo sinfín corto), que permite obtener rendimiento con una variación de $\pm 10\%$ del valor promedio establecido

para cada máquina. 2) Se colocaron galgas (láminas de hierro galvanizado) para variar la separación del pechero y el cilindro dentado; de esta forma se puede calibrar la máquina para cada tipo de café de forma rápida y fácil. 3) Se mejoró el diseño original del chasis, incluyendo el soporte del motor con facilidad para templar la correa.

Se adelantó la etapa de desarrollo industrial para la máquina con rendimiento de 300kg de cereza/h, la cual incluyó: diseño y construcción de moldes para la fabricación del cilindro (inicialmente con superficie exterior lisa); programas de computador para la construcción del cilindro dentado en torno con control numérico (que asegura la obtención de piezas con mínimo porcentaje de piezas defectuosas); diseño y construcción de moldes y programas de computador para la elaboración del pechero (con las ventajas anteriormente citadas); plantillas para la construcción del chasis, dosificador, tolva y demás componentes de la máquina. En la actualidad la empresa INGESEC tiene capacidad para fabricar 10 máquinas 300/día.

Método para el monitoreo de la humedad del café en secadores solares. ING 0827. Se evaluó un método sencillo que permite obtener café en secadores solares (pisos, carros, elbas, etc) en el rango de comercialización (10 al 12%). El método se basa en la medición de la pérdida de humedad del café, desde su

condición inicial (café escurrido) hasta cuando alcanza el 11%, a una muestra colocada en una bandeja plástica (con fondo perforado, en la cual se colocan solamente granos sanos, con altura igual a la del café colocado en el secador), utilizando una balanza de cocina (rango 0 a 450 gramos) de bajo costo (menos de \$15.000). La muestra se revuelve (manualmente) con la misma frecuencia que el resto del café. Cuando el café pierde un 47% de su peso inicial su contenido de humedad está muy cercano al 11,0%. Empleando este método en café secado en carros, en Cenicafé, en el 100% de los ensayos se obtuvo producto en el rango del 10 al 12%, con humedad muy cercana al 11%.

Evaluación de un equipo comercial para el secado mecánico del café con alimentación por gravedad de carbón mineral. ING 0828. Se evaluó un equipo con capacidad estática para 21 @ de cps, fabricado por la empresa Talleres Citará de Bolívar (Antioquia), en el cual se utiliza un quemador de carbón mineral (hulla) con alimentación por gravedad. El secador consta de 3 cuartos, dos de presecado y uno de secado en la parte inferior. El proceso se inicia colocando café en el segundo presecado (el cuarto más alto) y luego de 6 horas se desciende por medio de una compuerta, teniendo el cuidado de descargar primero el café más húmedo (el ubicado en la parte más alta de la capa), al primer

presecado (cuarto intermedio). Se carga nuevamente el segundo presecado y después de 8 horas de pasa el café del primer presecado a la cámara de secado, el café del segundo presecado al primer presecado y se carga nuevamente con café lavado el segundo presecado. La primera tanda de secado se obtiene a las 18 horas y las restantes cada 6 horas, si se carga café húmedo en el segundo presecado cada 6 horas.

La diferencia máxima de contenido de humedad observada al final del proceso de secado fue 2% y la mínima

0,4%. El consumo de carbón para la forma de operación utilizada en la evaluación del equipo (carga de café húmedo en el segundo presecado solamente durante las primeras 18 horas) fue 5,15kg/@ de cps.

Se midió el caudal de aire al inicio del secado, utilizando la ecuación desarrollada por Oliveros² y Roa que relaciona el caudal de aire por unidad de área de secador y la caída de presión estática entre dos puntos ubicados a diferente altura en la capa de granos. El valor obtenido, 19,4m³/min,

es apropiado teniendo en cuenta que es superior al caudal de aire específico recomendado para secar café en equipos tipo "silo" (76,3 m³/min/Ton de cps frente a 60 m³/min/Ton de cps).

Los resultados obtenidos en esta evaluación indican que el equipo Citará es una alternativa a considerar para el secado del café en fincas con producción de 1000 a 1500 @ de cps (construyendo las cámaras de secado para 30@ de cps en lugar de 21@ de cps y utilizar el ventilador y el equipo de generación de energía térmica evaluado en este estudio).

² OLIVEROS, T. C.E.; ROA, M.G. Pérdidas de Presión por el Paso del Aire a Través de Café Pergamino. Variedad Caturra, Dispuesto a Granel. CENICAFE 37(1):23-39. Chinchiná. 1986.

Química Industrial

Calidad del café

Calidad de café almacenado.

Se iniciaron evaluaciones de la calidad física, sensorial y sanitaria de muestras de café almacenado. Se ha encontrado que el tiempo límite de almacenamiento del café, para conservar su calidad física y organoléptica depende no sólo de los factores de humedad del grano y de las condiciones de temperatura y humedad relativa del sitio de almacenamiento, sino también de la calidad del producto al momento de

almacenarse y del tipo y condiciones de procesamiento del café que se almacena.

Formulación de proyecto de investigación para la prevención del deterioro de la calidad del café por mohos. En los últimos años se han incrementado las exigencias por productos que no afecten la salud del consumidor; por tanto, las entidades encargadas de regular la calidad de los alimentos y proteger la salud de los consumidores como la Organización de las Naciones Unidas para la

Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) estudian en la actualidad los niveles máximos permitidos de Ochratoxina A en café, (OTA) sustancia tóxica y cancerígena producida por hongos de los géneros *Aspergillus* y *Penicillium*. En desarrollo de un convenio internacional FAO-FEDERACAFÉ-CENICAFÉ, se formuló por parte de Cenicafé la investigación que tiene como propósito buscar estrategias para prevenir el deterioro por mohos de la calidad del café de

Colombia. La investigación se formuló y escribió tanto en idioma español como en inglés. Los principales objetivos de la investigación son: Identificar los hongos predominantes en café y en los ambientes de proceso de beneficio del café, en fincas localizadas en la zona cafetera de Colombia; evaluar las condiciones de procesamiento del café en las fincas; medir la capacidad de los mohos encontrados en el café, para producir Ochratoxina A; conocer los niveles de OTA en el café producido en las fincas. Además, se busca implementar Buenas Prácticas de Manufactura en el proceso del café en las fincas cafeteras y en las etapas de almacenamiento y transporte del café hasta la exportación, así como evaluar los riesgos y puntos críticos de control en el proceso del café en las fincas cafeteras.

Para el desarrollo de la primera fase de la investigación se seleccionaron 80 fincas ubicadas en la zona cafetera, para la realización de los muestreos y análisis de calidad del café producido. Se analizaron y clasificaron las fincas, según sus condiciones ambientales, tamaño de producción, tipo de beneficio, tipo de secado y otros factores de proceso del café en la finca. También se formularon y desarrollaron varios ensayos para estandarizar la metodología de análisis microbiológico en café. Se evaluó la microbiota fúngica del café, según diferentes variables, como son madurez y estado sanitario del grano, maduro, sano, perforado por broca,

recogidos del suelo; también el efecto de la forma de separación del mucílago, fermentación natural o desmucilaginado mecánico y los tipos de medios utilizados para los cultivos.

Buenas Prácticas de Manufactura en el proceso del café en la finca: Las Buenas Prácticas de Manufactura, BPM, son principios básicos de higiene en la producción de un alimento, que permiten obtener un producto seguro para la salud; son medidas y pautas que entidades como la Organización Mundial de la Salud, OMS, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO, la Agencia para la Administración de Drogas y Alimentos de Estados Unidos FDA, el *Codex Alimentarius* entre otros, promueven para prevenir el deterioro de la calidad sanitaria de los alimentos y favorecer la seguridad en la salud de la población mundial. Aunque el café se cataloga dentro de los alimentos de menor riesgo en salud pública, en su producción se deben cumplir las Buenas Prácticas de Manufactura, con el fin de evitar que se den las condiciones para que se produzcan micotoxinas en el grano o para que se contamine con sustancias químicas durante su procesamiento, almacenamiento o transporte, deteriorando su calidad sanitaria.

Basados en las normas del *Codex alimentarius* y del Decreto 3075 del Ministerio de Salud de Colombia se desarrollaron las Buenas Prácticas para el procesamiento del café en la finca, incluyendo los utensilios,

equipos, tanques, alrededores, secadores, operarios, personal manipulador de café para el proceso de beneficio, el material de empaque y las condiciones de almacenamiento y transporte.

También se desarrollaron los procedimientos para el Programa de Saneamiento, (SSOP) que se refieren a los procedimientos documentados sobre el mantenimiento y control de la limpieza y desinfección general de las instalaciones, el personal, los equipos, el control de plagas, el manejo de residuos y el control de la adulteración y la contaminación cruzada del café durante su proceso en la finca. El cumplimiento ordenado de las Buenas Prácticas de Manufactura en la producción del café en las fincas constituye el primer requisito para la obtención de un producto seguro y representará una ventaja competitiva de Colombia, de una parte en el mercado internacional al contribuir con la oferta al consumidor de un producto seguro, y de otra parte al suministrarse al comercializador en el punto de compra, café pergamino seco con calidad más homogénea, para la realización de las posteriores operaciones de proceso, hasta obtener el café trillado para la exportación o el consumo en el país.

Las Buenas Prácticas de Manufactura y el Programa de Saneamiento desarrollados en este trabajo pueden ser aplicados a todas las fincas cafeteras, en general.

Análisis de riesgos para la calidad sanitaria (HACCP) durante el proceso de café en la finca. El sistema HACCP es un método preventivo que permite reducir el riesgo en la seguridad y calidad sanitaria de un alimento, por medio del estudio y control de puntos críticos en el proceso. El HACCP es un sistema que entidades como la FDA recomiendan, (o exigen, como para productos de la pesca), que se desarrolle e implemente en las industrias de alimentos, con el fin de contribuir a la solución de problemas de salud y favorecer el comercio internacional de alimentos. El método HACCP incluye la determinación de los riesgos biológicos, químicos o físicos asociados al alimento durante su producción; la determinación de los puntos críticos de control; el establecimiento de límites críticos; el establecimiento de un sistema de monitoreo y control; las acciones correctivas tomadas para eliminar o controlar el riesgo real o potencial; los procedimientos para verificar que el Plan HACCP es efectivo y la documentación y registros correspondientes. En los últimos años ha cobrado mucha importancia el aspecto de la calidad sanitaria del café. De hecho, se ha registrado presencia de la micotoxina Ochratoxina A (OTA) en café de varios países. Sobre esta sustancia se vienen desarrollando varias investigaciones. En el año 2000 se reguló inicialmente en Italia, Finlandia, Grecia en valores de 4 a 20ppb de OTA como límites en café y otros

productos, y en la actualidad se estudian por parte de entidades reguladoras de la calidad sanitaria de los alimentos, los niveles máximos permitidos de OTA en café. Estos valores pueden ser tan bajos como 2mg de OTA/kg de café (Codex alimentarius 1999; FAO/WHO 1995, INTERNATIONAL IUPAC 2000).

En este trabajo se realizó el análisis de riesgos y puntos críticos de control, Plan HACCP, para la finca cafetera que procese el café por fermentación natural, incluyendo tanto el secado al sol, como el mecánico, considerando el proceso de café cereza sano y maduro desde el recibo y despulpado hasta la venta del café pergamino seco, por parte del caficultor. En el análisis HACCP se encontraron como puntos críticos de control en el procesamiento del café en la finca, la etapa de lavado, el proceso de secado, el almacenamiento y el transporte del café. El lavado resultó crítico por el riesgo biológico y químico en la calidad del agua utilizada para el lavado del café. Se confirmó que el proceso de secado del café en la finca, bien sea al sol o en forma mecánica se constituye en una de las etapas críticas a controlar en el proceso de beneficio del café en la finca, por el riesgo químico, ya sea por Ochratoxina A (OTA), originado a su vez en riesgos biológicos por presencia de hongos y por la permanencia del café con humedad por encima de niveles admisibles por tiempos prolongados; o por sustancias químicas de

combustión en el secado mecánico. También el almacenamiento resultó un punto crítico de control por el riesgo biológico por microorganismos y por riesgos químicos por contaminación cruzada. Igualmente, el transporte resultó punto crítico a controlar debido a la probable contaminación con sustancias químicas. Se concluye que es necesario emprender varias investigaciones, para determinar límites críticos para la inocuidad del café, relacionados con los residuos de sustancias químicas y emisiones y sobre las condiciones y tiempo de almacenamiento del grano de café.

La adopción de Buenas Prácticas de Manufactura BPM, Procedimientos de Saneamiento SSOP y Plan HACCP en una finca, podría ser una estrategia de búsqueda de competitividad, ofreciéndose como un café especial o de calidad especial, aquel producido en fincas que apliquen estos métodos. El Plan HACCP desarrollado para el proceso del café en la finca cafetera es un método de análisis actual, lógico, competitivo, innovador para procesamiento en el campo, y es un paso de competitividad y seguridad para la calidad de cualquier producto para consumo humano. El Plan HACCP presentado se convierte en un modelo, una guía para las fincas cafeteras de Colombia. La producción de café en la finca es el primer segmento de la cadena productiva del café; los comercializadores, exportadores y tostadores pueden aplicar los procedimientos y principios aquí desarrolla-

dos para el establecimiento de Buenas prácticas de Manufactura, Programa de Saneamiento y elaborar su propio Plan HACCP, para ser más competitivos y conservar la calidad del café de Colombia.

Estandarización de la metodología para el estudio de la microbiota fúngica del café en el proceso de beneficio.

Se evaluó la metodología para análisis de mohos en café, suelos y ambientes propuesta por Frank (2001). Se realizaron análisis de muestras de café cereza, café baba, café sin mucílago, café lavado, café pergamino seco y café almendra. El objetivo de establecer esta metodología es contar con un método estándar internacionalmente, para determinar la microbiota fúngica presente en el café durante las etapas del beneficio húmedo y así mismo, evaluar mohos productores de Ochratoxina A, (OTA), para conocer en cuál etapa del proceso del beneficio de café se pueden encontrar estos mohos y si se presentan por contaminación cruzada (por superficie de equipos, ambientes o suelos) o provienen del grano.

Funcionamiento del laboratorio de análisis de calidad del café y panel de catación.

Se realizaron 23.948 análisis sensoriales de café: 14.580 de muestras de investigaciones en calidad sobre efecto de almacenamiento y proceso de beneficio del café. Además, se efectuaron 9.368 sensoriales de muestras de café de 13 investigaciones de otras disciplinas de

Cenicafé. Se realizaron pruebas de entrenamiento de los catadores de café. Se utilizaron métodos de diferencia y el método descriptivo cuantitativo para calificar y describir la calidad del café. Se atendieron varias visitas en el laboratorio de calidad.

Composición química del café

Estudio del contenido de ácidos clorogénicos en café de Colombia. Se determinó el contenido de ácidos clorogénicos totales e individuales en café almendra *Coffea arabica* variedades: Colombia fruto rojo, Colombia fruto amarillo, Caturra, Típica, Borbón y para comparación muestras de café *C. canephora* variedad Robusta, en diferentes estados del desarrollo del fruto: verde, pintón maduro y sobremaduro. Se utilizó cromatografía HPLC. Para la extracción se molió la muestra, se adicionó una solución de 100ml de metanol-agua (70-30), sulfito de sodio (0,5) y se agitó a 4°C en la oscuridad. Se utilizaron 2 métodos de purificación: por medio de evaporación del solvente en rotavapor y el tratamiento de los extractos con agente de Carrez. Se evaluaron varios sistemas cromatográficos. En un sistema se usó una columna Shodex-SH1001 con una fase móvil de H₂SO₄ 0,01N y acetonitrilo (90/10), en modo isocrático, con la cual se identificó: 3-CQA, 5-CQA, FA y 1 isómero de FA. Otro sistema corres-

ponde a la norma DIN 10767 de 1992, con los mejores resultados, empleando una columna C18 (250x4,6mm) y como fase móvil de H₃PO₄ 10% y acetonitrilo (90/10) en modo gradiente por 90 minutos, con el cual se identificaron diferentes ácidos clorogénicos como: 5-CQA (ácido cafeilquinico) y sus isómeros 3-CQA y 4-CQA, ácidos dicafeilquinicos (diCQA): 3,4-diCQA, 3,5-diCQA y 4,5-diCQA, ácido FA (ferulírico), ácido cafeico y ácido o-cumárico.

En el café maduro, el contenido de ácidos clorogénicos determinado por la norma DIN 10767 de 1992, varió de 6,5% para Caturra, Borbón y Típica, 7,2%, para Colombia fruto rojo 8%, Colombia amarillo, 8,21% y para Robusta, 8,46% y el contenido promedio de ácidos clorogénicos según el estado de desarrollo del fruto para las variedades de *Coffea arabica*, es mayor en el estado verde (7,26%), seguido de maduro (7,45%), pintón (7,26%) y sobremaduro (6,69%). En el caso de Robusta se encontró mayor cantidad de ácidos clorogénicos en recolección normal (9,19%), seguido de sobremaduro (9,15%), maduro (8,46%) y pintón(6,73%).

Para la determinación del contenido de ácidos clorogénicos en café almendra se recomienda la purificación de los extractos con agente de Carrez y el análisis cromatográfico por medio de la norma DIN 10767 de 1992, ya

que se logran identificar mayor cantidad de compuestos y se obtienen cromatogramas con picos de buena resolución, lo que es importante para una buena cuantificación.

Tratamiento de aguas residuales

Sistema para el tratamiento de los lixiviados de pulpa y mucílago. Instalación y Arranque. Montaje a gran escala. hacienda Misiones. En la hacienda Misiones del municipio Mesitas del Colegio de Cundinamarca, cuya producción anual en café se estima en 24.000@ de café pergamino seco, se diseñó y se instaló un sistema para el tratamiento de lixiviados producidos en un desmucilagador mecánico STL, al cual se acopló en serie un Sistema Modular de Tratamiento Anaerobio, diseño Cenicafé, para el tratamiento de aguas residuales de lavado del café SMTA. Los sistemas diseñados e instalados son modulares, constituidos por 16 módulos de polietileno de 2m³ cada uno (7 en STL y 9 en SMTA). Un análisis económico mostró que el costo de la inversión para su construcción fue de \$Col 18'831.010 (USD 8.134,3), que corresponde a \$784,63/@ (USD 0,34/@), de los cuales el 59,7% correspondió a los materiales de construcción, 5,8% a la mano de obra y 34,5% a honorarios profesionales. El sistema instalado aprovecha la topografía inclinada de la finca, opera por gravedad y no tiene costos

asociados a su operación.

Para amortiguar las descargas del efluente durante el arranque del sistema, se construyó un pozo de infiltración que permite atenuar las características de alta concentración de carga orgánica disponible durante la puesta en funcionamiento de estos sistemas, lo que evitó la descarga directa de la contaminación a la quebrada que pasa por la hacienda Misiones y que surte el acueducto del corregimiento «El Triunfo», ubicado en la parte baja y contiguo a la hacienda. Durante la cosecha principal la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR, estuvo atenta a los niveles de contaminación del agua en la quebrada, la cual hasta el año anterior presentó niveles de contaminación no aptos para utilizarla para consumo humano. Actualmente el aspecto de la quebrada es limpio y no hay presencia de malos olores.

Convenio de cooperación Interinstitucional ILC-Cenicafé. Contrato de asesoría 007. Diseño y montaje de una planta de tratamiento de vinaza obtenida a partir de miel virgen. Durante el mes de enero de 2001 se estableció un convenio con la Industria Licorera de Caldas, para asesorar técnicamente a esta empresa en el diseño, montaje y puesta en marcha de una planta de tratamiento de vinaza obtenida a partir de miel virgen.

Actualmente ya se tiene el diseño final de la Etapa Hidrolítica Acidogénica y se adelantan gestiones referentes a

licitación pública para su construcción.

Montaje de un Biodigestor para el tratamiento de excretas de ganado vacuno. Hacienda Romelia. Durante el presente periodo se instaló un biodigestor de 84m³ para el tratamiento de excretas de ganado vacuno en la hacienda Romelia.

Utilización de subproductos del café

Investigación básica sobre el cultivo de hongos tropicales en residuos agroindustriales de la zona cafetera de Colombia. Se evaluó el comportamiento y el desarrollo de 5 cepas de hongos del género *Lentinula edodes* (L13, L54, L1-2, L4055 y SF) y una cepa de *Ganoderma lucidum* sobre 5 tipos de formulaciones de sustrato compuestas de aserrín de tronco del cafeto, borra y pulpa de café. De la evaluación de las 3 primeras cosechas se ha encontrado como resultados, los mejores rendimientos medios para la cepa L54 de *Lentinula edodes* cultivada sobre la formulación Patrón 1 (constituida por aserrín de tronco de café, borra de café y salvado de trigo), sustrato sometido a tratamiento térmico al vapor a la temperatura de ebullición del agua, con un valor de 59,51%, seguida de la cepa L13 cultivada sobre la formulación Patrón 2 (constituida por aserrín de tronco del café, borra de café y salvado de maíz) con tratamiento térmico al vapor, con un

valor de 55,21%, seguida de la cepa L54 cultivada sobre la formulación Patrón I, con el sustrato esterilizado en autoclave y un valor de 54,84%. El rendimiento medio del cultivo de L13 sobre los 3 tratamientos evaluados con tratamiento térmico al vapor fue del 35,55%, con un coeficiente de variación del 37,19% y de L54 del 47,62%, con un coeficiente de variación del 21,72%. En términos generales la cepa de *Lentinula edodes* L54 es la que ha mostrado, hasta el momento, los mejores rendimientos medios sobre las formulaciones a base de los subproductos del café.

El calor total necesario que se debe suministrar a los sustratos para alcanzar la temperatura de 95°C en toda la masa es de 55,43kcal/kg. El costo de utilizar gas propano en el tratamiento térmico de los sustratos es de \$ 52/kg, mientras que con ACPM el tratamiento térmico cuesta \$ 73/kg. En promedio para todas las siembras productivas la primera cosecha representa, hasta el momento, el 79% de la producción total (CV=8,66%). En lo que respecta al tamaño de los hongos cosechados, la cepa L13 mostró el mayor tamaño de los carpóforos, seguida de la cepa L4055 y de la cepa L54. En promedio se encontró que los hongos refrigerados tienen una vida útil de una semana sin perder sus características físicas.

Las cepas de *Lentinula edodes* LI-2 y SF mostraron un excelente crecimiento micelial sobre

los tratamientos 1, 2 y 3, formando micoderma café (algunos bloques presentaron formación de primordios), pero no se logró obtener cuerpos fructíferos a las condiciones ambientales a las que se realiza el ensayo. La cepa de *Ganoderma lucidum* presenta, después de 150 días, formación de carpóforos jóvenes en la formulación Patrón I. Los blancos de borra y aserrín del tronco del cafeto, utilizados como único sustrato, permitieron la fructificación de las cepas L13, L54 y L4055, evidenciando su capacidad biológica para ser utilizadas en las formulaciones como materiales principales, lo que no sucedió con la pulpa de café. El costo estimado de producir 1kg de sustrato para el cultivo de *Lentinula edodes* hasta la fase de postcosecha es de \$1.810.

Descomposición de café almendra de calidad inferior (pasillas y ripios) utilizando bacterias. En asocio con la Fundación Colombiana de Ciencias, se realizó el montaje de un ensayo para la transformación de café almendra deteriorado en abono orgánico utilizando bacterias comerciales. Después de 2 meses de proceso se ha empezado a evidenciar actividad microbiana, reflejada en la dinámica del pH y la evolución de la temperatura de la masa. El principal inconveniente del proceso ha sido la lentitud con que el grano de café se hidrata y llega a los niveles de humedad necesarios para el adecuado crecimiento de los microorganismos utilizados.

Estudios del cultivo de la seta comestible Shiitake en fincas piloto. Durante los meses de septiembre a diciembre del año 2000 se elaboró el proyecto que tiene como propósito evaluar en fincas piloto, el cultivo de la seta comestible *Lentinula edodes* (Shiitake). Al principio del 2001 se inició la recolección de la madera necesaria (zoca) para el desarrollo de la investigación, y se iniciaron los contactos con los caficultores escogidos. En el mes de febrero se comenzó el reconocimiento de las fincas y en el mes de Marzo se iniciaron las siembras de la seta, utilizando la metodología artesanal. El objetivo principal de la primera parte del proyecto fue capacitar a los caficultores en el cultivo de Shiitake e identificar las variables a controlar en el proceso del cultivo de Shiitake en cada finca. Los resultados parciales obtenidos son aceptables, pero demuestran la necesidad de desarrollar tecnologías industriales para asegurar el éxito de los cultivos y hacer más sencillo el manejo de este cultivo por los caficultores.

Utilización de la borra de café para la producción de la seta comestible *Pleurotus pulmonarius*. Se utilizó borra de café como sustrato para el cultivo de *Pleurotus pulmonarius*, como solución para los cultivos industriales sociales de hongos comestibles, que se desarrollan en Manzales, que requieren de materiales en gran volumen. El crecimiento del micelio fue fuerte y rápido, con tiempo para la

incubación de 25 días y aparición de los primordios a los 40 días. Se obtuvieron eficiencias biológicas del 60%.

Se asesoró en el cultivo de setas comestibles o medicinales a las siguientes instituciones. Universidad Católica de Manizales, Universidad Tecnológica del Chocó, Cámara de Comercio de Manizales, Fundación Manuel Mejía, Fundación La Santa Cruz.

Identificación de puntos críticos en el cultivo del hongo Shiitake. Con el propósito de determinar las causas de los problemas en el cultivo del hongo Shiitake en fincas, se logró que los cultivadores en fincas piloto registrarán las contaminaciones presentes en el cultivo, para tomar las medidas correctivas.

El estudio se hizo en 4 fincas: Veracruz, El Teruel, La Gaucha y La Selva ubicadas a diferentes altitudes. Para la detección de puntos críticos se determinaron indicadores o variables para cada uno de las etapas del proceso de cultivo de Shiitake, así:

Para la esterilización, porcentaje de bolsas contaminadas por

hongos filamentosos lejos de los puntos de inoculación.

Para la inoculación, porcentaje de bolsas contaminadas por hongos en los puntos de inoculación.

Para la incubación, porcentaje de bolsas sin anillo micelial. Los límites de control establecidos fueron excedidos en las fincas, obteniéndose los siguientes promedios:

Porcentaje de bolsas contaminadas lejos de los puntos de inoculación 5,98% con un coeficiente de variación de 30,98%.

Porcentaje de bolsas contaminadas cerca de los puntos de inoculación 12,26% con un coeficiente de variación de 21,87% y porcentaje de bolsas sin anillo micelial 0,25% con un coeficiente de variación de 50,78%.

Para los cultivos de shiitake en las fincas piloto, el porcentaje de bolsas productivas fluctuó entre 6,79% y 8,98% mostrando con esto un comportamiento similar en cada finca.

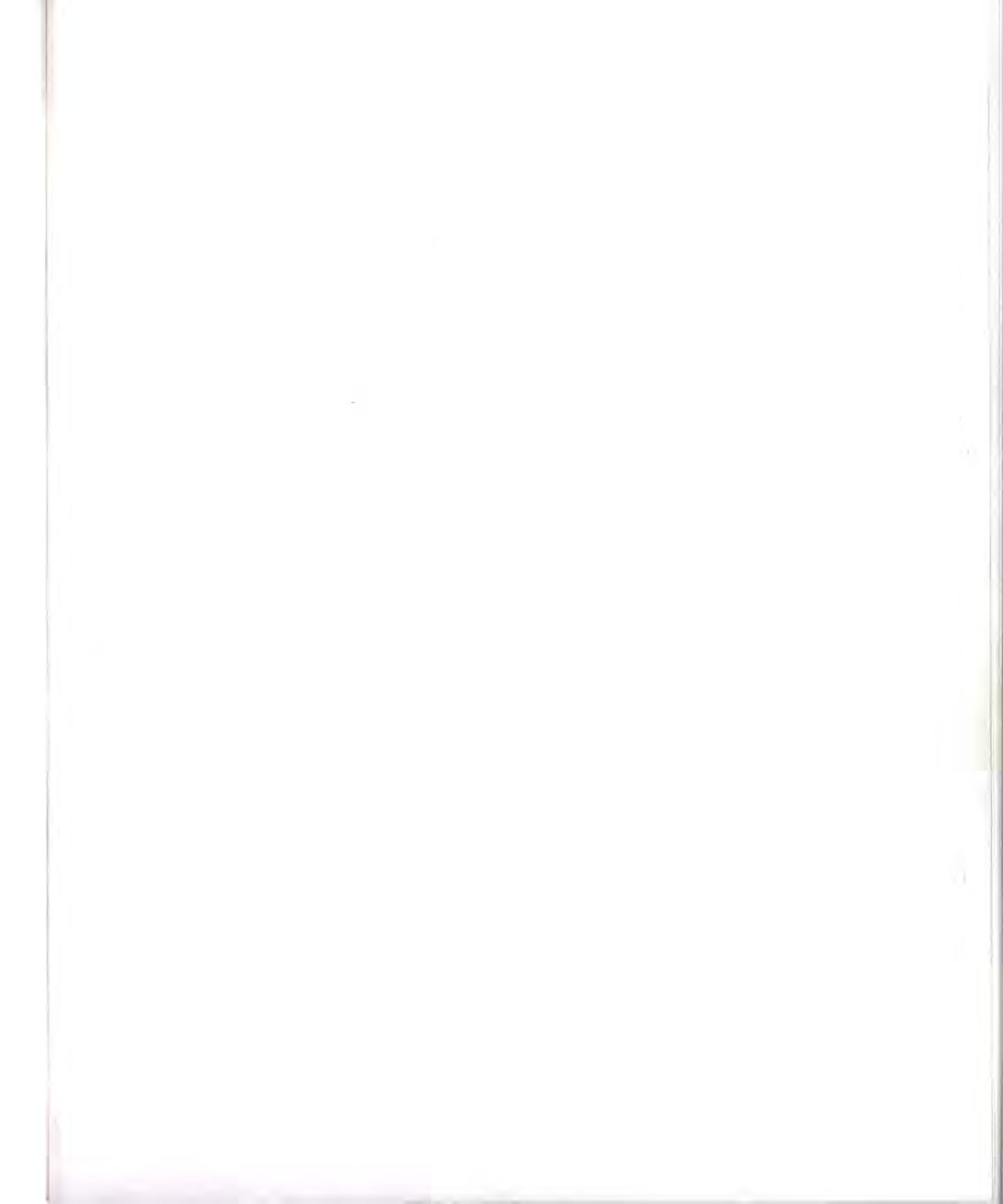
Las eficiencias biológicas encontradas para estas fincas

están entre 13,26% y 17,20%, porcentajes aceptables para una primera experiencia en el campo, pero que debe ser mejorado pues los rendimientos están alrededor de la tercera parte de los valores aquí presentados.

Análisis microbiológico en cultivos de *Lentinula edodes* (shiitake).

Se realizaron pruebas preliminares de análisis microbiológico al cultivo de shiitake (*Lentinula edodes*), tanto en cultivos experimentales de Cenicafé como en algunos cultivos piloto en fincas cafeteras, logrando establecer las presumibles causas de la contaminación en los sistemas de cultivo.

Se han encontrado hongos de los géneros *Trichoderma sp.*, *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.*, *Geotrichum sp.* y *Fusarium sp.* Se inició la planeación de una propuesta de investigación, que tiene como propósito buscar medidas para disminuir la contaminación fúngica en los sistemas cultivo de shiitake, por medio de un proceso de producción controlado, para lograr un producto que cumpla con especificaciones de buena calidad de alimentos.



Programa ETIA

En concordancia con la misión del Programa se ha dado continuación a la mayoría de los trabajos de investigación que fueron programados dentro del actual plan quinquenal de investigación, relacionados con la evaluación de bancos de germoplasma de cítricos, macadamia, passifloras, así como investigaciones sobre pastos y forrajes, ganadería y especies forestales nativas, caracterización y normalización de frutas.

Los resultados de investigación indican avances significativos con relación a las variedades de cítricos, macadamia y passifloras de mejor comportamiento en las condiciones agroecológicas de la zona cafetera, orientadas a satisfacer la demanda de productos frescos y como materia prima para el procesamiento.

Se dispone de información confiable respecto a los parámetros de desarrollo y manejo de especies forestales nativas. En ganadería también se han obtenido importantes logros. Con respecto a los trabajos sobre caracterización, calidad de las frutas, empaques y normalización, se está generando una cultura de calidad tanto a nivel de la región cafetera como del país en general ■



Cítricos

1. Naranjas

Con respecto a diámetro y volumen los mayores valores se presentaron con el portainjerto Sunki x English, además sobre este patrón (Figura 23a) los árboles son más equilibrados en su desarrollo (relación altura/diámetro cercana a la unidad).

Con relación a producción, sobresalen la variedades Hamlin y Campbell Valencia; estos materiales son de interés por tener doble propósito (consumo fresco y materia prima para el procesamiento) (Tabla 16 y Figura 23b).

También es importante resaltar el deficiente comportamiento de variedades nuevas (Navelina, Maltaise y Schamouti) por su deficiente producción, como consecuencia de la poca adaptación a las condiciones agroecológicas del sitio de evaluación.

2. Mandarinas

Analizando el grupo de mandarinas sobre los 3 portainjertos, se aprecia que sobre mandarina Cleopatra se registran los mayores valores de altura, diámetro y volumen, lo que indica una mayor afinidad de este patrón correspondiente a una mandarina, con las demás variedades de su misma especie. Sin embargo ello no está influyendo en la variable producción. Sobre los portainjertos trifoliados (Sunki x English y C. 4475) se obtienen árboles mas

equilibrados (altura/diámetro con valores inferiores a la unidad) lo cual es deseable por productividad y manejo (Tabla 17 y Figura 24). Los árboles sobre Sunki x English, son de menor tamaño y volumen, característica muy importante porque se facilita el adecuado manejo, especialmente lo relacionado con la recolección, teniendo en cuenta la delicade-

za de los frutos de las mandarinas y clementinas.

El desarrollo armónico de los árboles (altura y diámetro) favorecen la producción. Se destaca el grupo de las clementinas (SRA92, Nules, Corsica 1) especialmente sobre el portainjerto Sunki x English (Figura 25).



Figura 23a. Desarrollo de los árboles sobre los 3 portainjertos en La Romelia, Chinchiná, Caldas

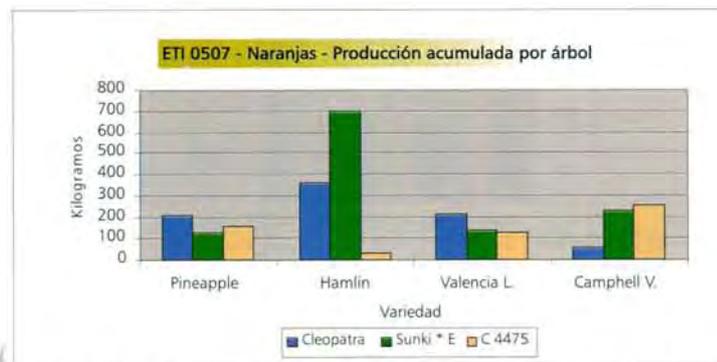


Figura 23b. Se destacan Hamlin y Campbel Valencia sobre Sunki x English.

Tabla 16. Producción de materiales de cítricos evaluados en La Romelia, Chinchiná, Caldas

Variación	Promedio (kg)	CV
3 (Hamlin)	282,40 a *	91,4
1 (Pineapple)	268,60 a	53,3
8 (Campbell Valencia)	262,46 a	86,1
6 (Valencia Late)	262,26 a	75,5
4 (Navelina)	199,08 b	91,4
2 (Maltaise)	170,83 b	137,1
7 (Schamouti)	160,04 b	141,1

* Valores con letra igual no presentan diferencia estadística significativa

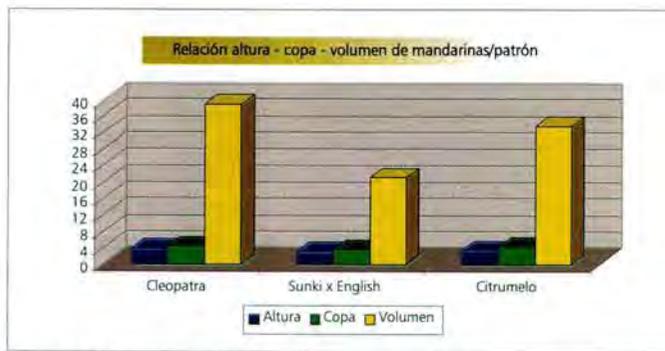


Figura 24. Desarrollo de las mandarinas sobre los 3 portainjertos.

Tabla 17. Producción de mandarinas

Varietal	Promedio/árbol (kg)	CV(%)
13-SRA 92	322,80 a*	33,4
9- Nules	312,92 a	50,7
12- Corsica 1	301,39 a	52,7
11- SRA 88	298,86 a	65,6
14- KARA	298,30 a	77,4
15- Page	296,66 a	78,9
17- BEAUTY	281,81 a b	71,1
5- OROVAL	276,80 a b	74,8
10- Corsica 2	237,37 b	143,6
18- Fairchild	167,52 c	196,9

* Valores con letra igual, no presentan diferencia estadística significativa

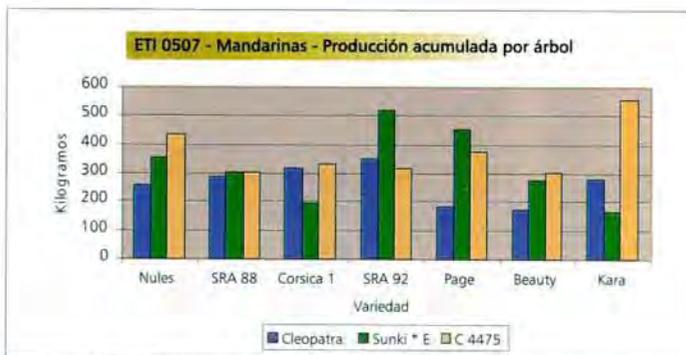


Figura 25. Producción de los diferentes materiales de mandarina en La Romelia, Chinchiná, Caldas

3. Limón Tahití

Con respecto al desarrollo de los árboles, se evidencia la diferencia entre el patrón M. Cleopatra con los demás portainjertos (Figura 26) confirmando la incompatibilidad de estas 2 especies. También es notorio el mayor diámetro de la copa (prima sobre la altura) de los árboles

sobre Sunki x English, lo que determina que tengan mayor cantidad de ramas productivas y por tanto, mayor producción acumulada (Figura 27).

Respecto a la variable producción, los promedios logrados sobre el portainjerto Sunki x English, son muy superiores a los obtenidos en los demás portainjertos. Los bajos

rendimientos sobre el portainjerto Mandarina Cleopatra, confirman la incompatibilidad de este patrón con la copa Lima Tahití.

4. Passifloras

Después de evaluar 2 cosechas, se han detectado 4 procedencias de *P. edulis* (maracuyá), que presentaron diferencias significativas con respecto al resto de materiales evaluados; las procedencias más sobresalientes son la 23 (Botocatu, Brasil), 47 (Botocatu, Brasil), 21 (Sopetrán, Antioquia) y 46 (Líbano, Tolima).

Los materiales que han registrado las producciones más bajas son: 11 y 65

(Tailandia), 20 y 24 (Perú) y 61 (Venezuela). Se tenía mucha expectativa con el material 9 (Brasil), por presentar el mayor promedio de peso/fruto (150g), pero la producción por planta es baja (13kg). Igualmente la especie *P. incarnata* (maracuyá dulce) de interés por su alto Brix y baja acidez, ha tenido un comportamiento deficiente, tanto por la sobrevivencia de las plantas como por su baja producción (9,9kg/planta) (Figuras 28 y 29).

De las especies diferentes a *P. edulis*, vale hacer referencia al material 51 (*P. maliformis*) por su buena producción; esta fruta es de un excelente sabor.

Una especie que ha generado expectativas por la buena calidad (externa e interna) del fruto es *P. alata* (58) (Figura

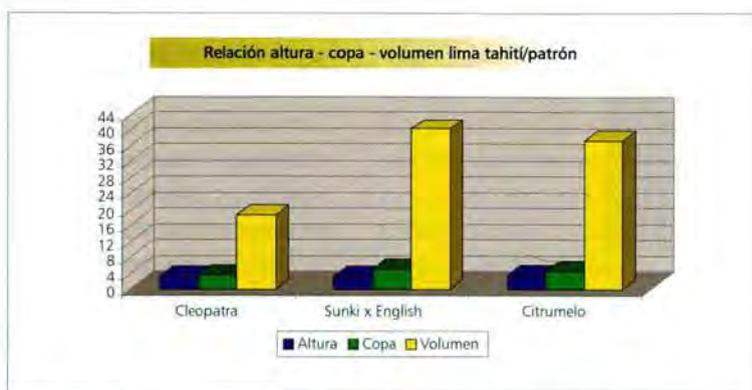


Figura 26. Desarrollo del Limón Tahití sobre los 3 portainjertos

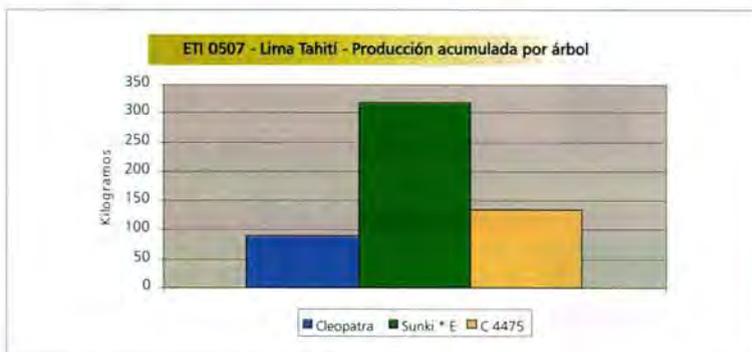


Figura 27. Se destaca la producción sobre Sunki x English

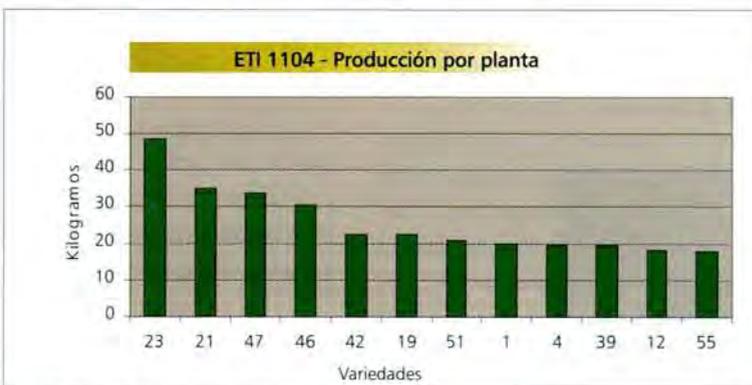


Figura 28. Procedencias más destacadas

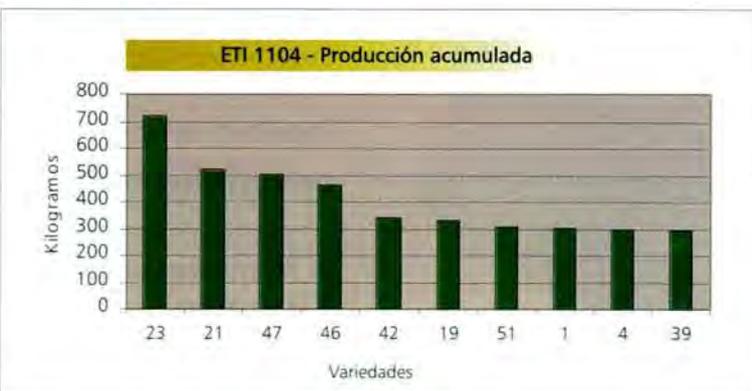


Figura 29. Procedencias destacadas

30) ; con peso promedio /fruto de 248g; sólidos solubles: 16,6 y baja acidez: 1,5, atributos que le confieren un exquisito sabor (Figura 9). Esta fruta podría tener una muy buena aceptación en el mercado de fruta fresca. Con relación a la badea 54 (*P. quadrangularis*), esta especie registra el mayor promedio de peso/fruto (1223g), pero la producción por planta ha sido muy baja (1 kg/planta).

4.1. Polinización controlada

Con las modificaciones hechas al sistema tradicional para polinización de passifloras (embolse de botones 2-3 días antes de la apertura de la flor) se dispone de una metodología más eficiente (46% de incremento en el cuajamiento) y rápida por la menor manipulación de los órganos reproductores.

El proceso es el siguiente (Figuras 31 a 38):

4.1.1. Selección de plantas madres y padres (sanas, con desarrollo normal)

4.1.2. Selección de botones con una apertura inicial (leve) de los sépalos; son botones de unos 16 días. En este estado se aprecia una pequeña apertura de los sépalos y se percibe una pequeña parte de los pétalos, aún cerrados; tanto los estambres como los estigmas están totalmente ocultos.

4.1.3. En las plantas "padres" se seleccionan botones con las



Figura 30. *P. alata*, se aprecian diferentes formas



Figura 31. Botón seleccionado para polinizar



Figura 32. Emasculación de la flor «madre»



Figura 33. Toma de la antera (flor "padre")



Figura 34. Se frota los estigmas con la antera



Figura 35. Embolse y marcación de la flor



Figura 36. Se evalúa polinización. Cuajamiento entre 5-7 días; eliminación de la bolsa.



Figura 37. Fruto en desarrollo

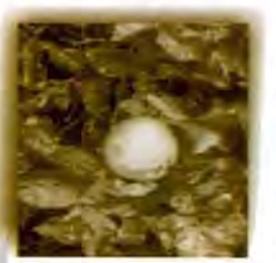


Figura 38. Fruto listo para recolectar

anteriores características; se recolectan en bolsa de papel y se trasladan a la planta "madre". Con la ayuda de unas pinzas se remueven (cuidadosamente) sépalos y pétalos, se retiran las anteras (emasculación), se colocan en un recipiente cerrado; se ubica el botón floral por polinizar de iguales características (paso 1).

4.1.4. En el botón floral de la planta madre seleccionada, con la ayuda de las pinzas, se remueven sépalos y pétalos, se retiran las anteras (emascular) y con las anteras recolectadas en la planta padre se procede a frotar (polinizar) suavemente los 3 estigmas.

4.1.5. Se reorganizan sépalos y pétalos, dejando al botón floral en condiciones muy similares al original.

4.1.6. Se cubre el botón utilizando una bolsa de papel (10x20cm) y se coloca una cinta con la identificación respectiva (padre, madre, fecha).

4.1.7. A los 5-7 días se destapa para la evaluación correspondiente y se hace el seguimiento respectivo.

Proceso de la polinización controlada

5. Normalización de Frutas y Hortalizas

· Debido al interés por los resultados del proyecto "Dise-

ño y normalización de empaque y embalaje para mora, mango común y lulo” y a los importantes resultados logrados en la fase de diagnóstico y el análisis funcional, en el mes de agosto de 2001 se recibió por parte del SENA una adición presupuestal por \$260.000.000 con el objetivo de realizar el mismo trabajo con otros dos productos: pitaya amarilla y uchuva.

· En el análisis funcional para los parámetros: capacidad, material, aireación, forma, facilidades de manejo, estado de limpieza y costo, aplicado a cada uno de los recipientes utilizados para la cosecha y la comercialización se encontró que:

La capacidad es uno de los aspectos más críticos. En la mayoría de los casos es excesiva, lo que ocasiona pérdidas por compresión (aplastamiento).

El estado de limpieza es otro aspecto que debe ser tenido en cuenta durante la fase poscosecha de las frutas (Figura 39).

En la mayoría de los cultivos evaluados este parámetro fue calificado como malo, es decir, nunca se lavan los recipientes de recolección y empaques para comercialización. Este aspecto afecta la calidad del producto no sólo por la deficiente presentación sino que también lo está contaminando. Se hace necesario generar un Cambio Cultural.

· Debido a los antecedentes y el interés por la Caracterización y la Normalización, a través de La Corporación Colombia Internacional y con recursos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, se está concertando un nuevo Convenio de Cooperación con el fin de concluir la investigación pendiente, soporte de las Normas Técnicas de mango, aguacate, melón y guanábana.

6. Caucho

En el cultivo del caucho (*Hevea brasiliensis*), durante las evaluaciones fitosanitarias realizadas hasta la fecha en la zona central cafetera se han encontrado asociados al cultivo varios patógenos como: *Botriodiplodia* sp (Muerte descendente); *Rosellinia pepo* (Llaga estrellada); *Phytophthora* sp (Raya negra); *Colletotrichum* sp (Antracnosis); *Corynespora cassiicola* (Mancha de *Corynespora*) y *Periconia manihotícola* (Mancha concéntrica), pero ninguno de estos patógenos reviste importancia económica para el adecuado desarrollo del cultivo. La enfermedad de mayor prevalencia es la raya negra, la

cual se maneja con fungicidas sistémicos, principalmente en épocas lluviosas que favorecen la incidencia de la enfermedad.

Es de anotar que el principal patógeno asociado al cultivo como es el hongo *Microcyclus ulei*, el cual ocasiona el mal suramericano de las hojas no se ha detectado en la zona central cafetera. Se presentan varios insectos asociados al cultivo, como son: el gusano cachón (*Erinnyis ello*), el gusano peludo (*Premolis semirufa*); hormiga arriera (*Atta cephalotes*), termitas, comején, grillos y Thrips, sin que a la fecha se hayan registrado daños económicos.

En conclusión, los patógenos e insectos que se han encontrado asociados al caucho, no son limitativos para el desarrollo comercial del cultivo en la zona central cafetera.

7. Macadamia

· Las evaluaciones agronómicas que se vienen realizando desde hace 8 años, indican que los 15



Figura 39. Estado de «limpieza» de los recipientes de cosecha para lulo de Castilla.

materiales sembrados en La Catalina (Risaralda- Ecotopo 209 A) han registrado mejor vigor que los de Paraguaicito (Quindío- Ecotopo 211A), expresado en diámetro del tronco, altura de árboles, diámetro de copa y productividad.

Estos resultados indican que este cultivo tiene un buen potencial productivo en condiciones de la región cafetera considerada óptima para café.

En la Figura 40 se observan las producciones registradas por árbol en las dos localidades. Se destacan las variedades HAES 246 y la Yonik en La Catalina y la variedad HAES 741 en Paraguaicito. Es de anotar que los materiales P-5, P-35 y P-38, seleccionados del Huerto del 69 en Paraguaicito, han presentado un comportamiento similar a las mejores variedades y supera a varios de los materiales introducidos (Figura 40).

Como se observa en la Figura 41, la distribución de la cosecha es diferente en las dos localidades, lo que podría ser explicable por las diferentes condiciones edafoclimaticas de las dos regiones; sin embargo, se registran producciones durante todo el año, factor importante, ya que se generan ingresos permanentes, además de permitir el abastecimiento continuo del mercado.

Teniendo en cuenta que en la actualidad el mercadeo de la nuez, a nivel del productor, se hace sin ningún proceso de

beneficio (en cáscara, sin secar) lo que ocasiona pérdida en el valor comercial y alimentario debido al ataque de microorganismos e insectos, durante el último año se viene trabajando en el diseño de un prototipo de máquina para descascarar macadamia " DESMAC I",

(Figura 42), con el fin de darle un mayor valor agregado al producto.

Este prototipo permite descascarar 4.000 kilos/hora de frutos de macadamia.

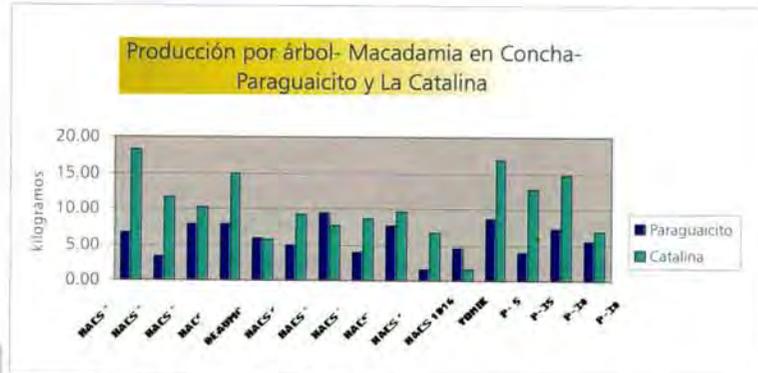


Figura 40. Producción por árbol en kg (promedio)

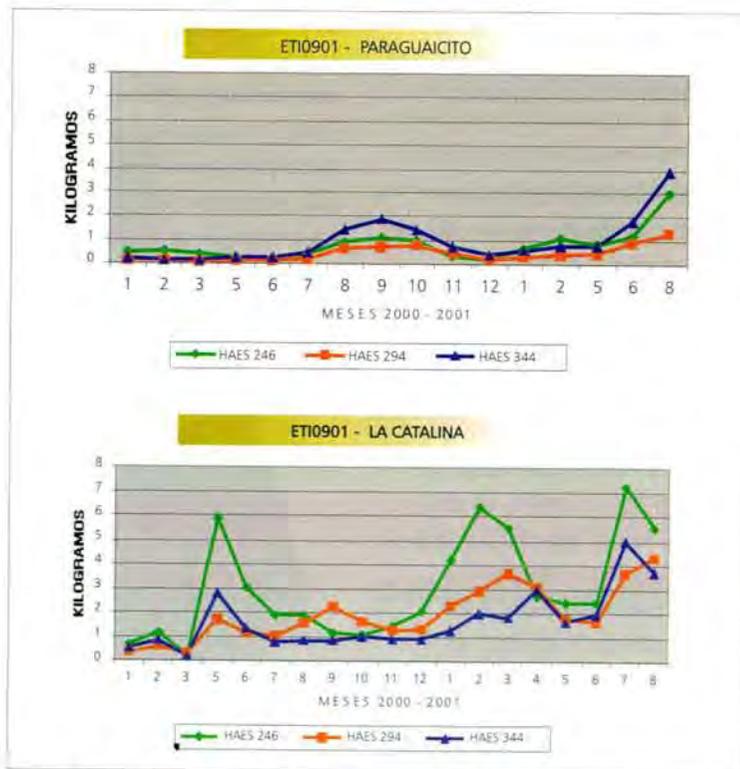


Figura 41. Distribución de la cosecha a través del año.



Figura 42. Descascaradora de macadamia. Módulo DESMACI.

8. Ganadería

- Aunque se disminuyó el hato lechero en un 34,4%, se ha logrado mantener:

- El promedio de producción en 12,01 litros por vaca/día.

- El costo de producción \$355,35 /litro y se ha vendido la leche por calidad a partir del mes de junio, cuando se logró que se paguen los valores más altos estipulados para cada una de las bonificaciones sanitarias. Se está vendiendo en promedio, a \$605/ litro.

- A pesar de haber vendido 93 de animales tipo leche, se conservan en el hato, ejemplares con buena genética.

- Se logró incrementar el hato de carne en 46 vientres más, de los cuales el 43% (20 hembras), producto de la cría F1 Brangus de la misma granja; el 85% se encuentra gestando y actualmente registran un peso promedio de 489.5 kilogramos, con un promedio de edad de 23 ½

meses y con una ganancia día de 738,7g/animal, cifras estas muy buenas comparadas con el promedio nacional (Figura 43).

9. Investigación forestal con especies nativas para la

producción de madera dura tropical

Ante el potencial de Colombia para la producción y exportación de madera dura tropical y la paulatina disminución de la

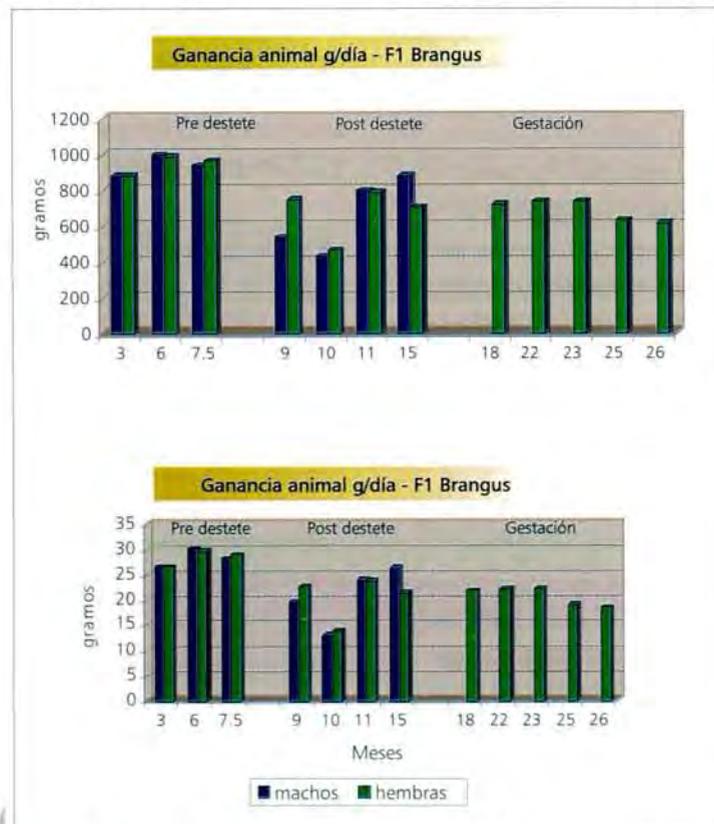


Figura 43. Rendimientos del hato de carne de La Romelia, constituido por ganado Brangus

oferta de este tipo de maderas, Proexport Colombia a finales del año 2000 decidió apoyar la segunda fase del proyecto «Investigación Forestal con especies nativas para la producción de madera dura tropical en la zona andina colombiana»

Para la ejecución de las investigaciones se cuenta con 115ha de carácter experimental, ubicadas en toda la zona cafetera del país y en sus áreas marginales aledañas. El hecho de contar con esta área experimental ha permitido la recuperación de 22 especies forestales nativas, la mayoría de ellas vulnerables o en peligro de extinción.

Los principales resultados obtenidos, dentro de la ejecución de los tres proyectos, que hace parte de ésta investigación, son detallados a continuación:

Ensayo de Procedencias y Progenies para dos especies forestales tropicales de alto valor comercial. Se cuenta con

26,4ha de plantación experimental, distribuidas en 9 diferentes zonas bioclimáticas del país. Los resultados del incremento medio anual en altura para el tercer año, en *Cordia alliodora* fue de 0,99m/año y la progenie de mejor desarrollo, corresponde a la de Dosquebradas, código R-II-3-8, la cual obtuvo una altura de 4,08m. Para *Tabebuia rosea* el incremento medio anual fue de 0,88m/año, y las progenies de mejor desarrollo corresponden a las procedentes de El Salvador y Guatemala. EL mejor crecimiento en las progenies nacionales la presentó Quipile, código (CU-II-1-*) con 2,65m, y un incremento medio anual de 0,88m/año (Figura 44).

· Los desarrollos presentados para el año 3, están por debajo de los obtenidos para ambas especies en los dos años anteriores; 1,21m para el año 2 y 1,23m para el año 1.

· Para la recuperación y preservación de los árboles elite de *Cordia alliodora*, se inició un

programa de injertación, la cual en su primera fase permitió la recolección e injertación de 30 de los mejores árboles de esta especie, ubicados los departamentos del Valle del Cauca y Risaralda.

Como resultado final de esta fase se logró el establecimiento de un banco clonal de esta especie en el municipio de Restrepo, a 1670msnm y con las siguientes especificaciones (Figura 45): Área: 0,5ha, número de clones: 19, número de injertos: 119, distanciamiento de siembra: 5x5m distancia mínima entre injertos de un mismo clon: 30m. Número de injertos por clon: entre 10 y 12.

El porcentaje de supervivencia es del 93%. Desarrollo heterogéneo; el 60% de los injertos presentan un buen crecimiento, en los restantes no hubo una buena compatibilidad patrón - yema o las ramas apicales presentaron un crecimiento plagiotrópico. La altura de los injertos se concentra en un rango de 0,8-2,0m (Figura 46).



Figura 44. Crecimiento en altura para las mejores progenies de *Cordia alliodora* (izq.) y *Tabebuia rosea* (der); tercer año de desarrollo.



Figura 45. Desarrollo huerto clonal



Figura 46. Buena compatibilidad Patrón - Injerto Código (R-IV-1-

Conservación de recursos genéticos en la región andina colombiana.

Los resultados obtenidos para el segundo año de desarrollo, reflejan la tendencia de algunas especies que sobresalen y muestran un buen crecimiento en altura. Tal es el caso de *Juglans neotropica* (cedro negro), el cual presenta un incremento medio en altura de 1,26m/año, y *Vitex cymosa* (aceituno), cuyo valor promedio fue de 2,14m/año. Los valores obtenidos para estas dos especies superan a los reportados para *Pinus patula* (pino patula) y *Cupressus lusitanica* (ciprés), con 1,26 y 1,25m/año

respectivamente, las cuales cuentan con mucho tiempo de investigación y más de 20 años de mejoramiento genético. El cedro negro y el aceituno son especies que de confirmar en próximas mediciones estos buenos desarrollos, podrían ser tenidas en cuenta en futuros programas de reforestación en la franja altitudinal ubicada entre los 1200-1800m.

Para los bancos de germoplasma ubicados por encima de los 1.800msnm, los resultados del segundo año, han permitido vislumbrar algunas especies con un crecimiento

sobresaliente, como el caso de *Alnus acuminata* (aliso), con un incremento medio anual de 2,66m/año y *Gordonia aff. humboldtii* (mondey) con un valor para de 1,31m/año. El valor obtenido para aliso, al compararle con especies como *Eucalyptus grandis* (eucalipto), con un valor de 3,14m/año ratifica su potencial como posibilidad para futuros programas de reforestación en zonas conocidas como frías (Figura 47).

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

Se destaca el incremento medio anual para el segundo año de desarrollo, en las especies: *Cordia gerascanthus* (solera) en planeta Rica, con 1,35m/año y *Retrophyllum rospigliosii* (chaquiro) en El Tambo (Cauca) y Fredonia (Antioquia), con 0,79m/año y 0,53m/año, respectivamente.

La aplicación de los tratamientos de fertilización y las primeras entresacas se realizaron en el mes de septiembre y octubre. Aún no es cuantificable la incidencia de la aplicación de éstos.

A manera de conclusión, la Figura 48, refleja el desarrollo de algunas especies nativas durante los primeros dos años de desarrollo, comparativamente con el registrado para las principales especies introducidas, utilizadas para reforestación comercial en el país. Los resultados, al momen

to obtenidos, desvirtúan el concepto de que las especies nativas no deben ser tenidas en cuenta en programas de

reforestación, con el argumento de que son de lento crecimiento. Este argumento se ratifica, debido a que las especies

objeto de comparación, llevan más de 15 años de investigación en mejoramiento genético.



Figura 47. a. Desarrollo de *Juglans neotropica* en Belén de Umbría. b. *Gordonia* aff. *humboldtii* en Herveo. c. *Vitex cymosa* en Chinchiná.

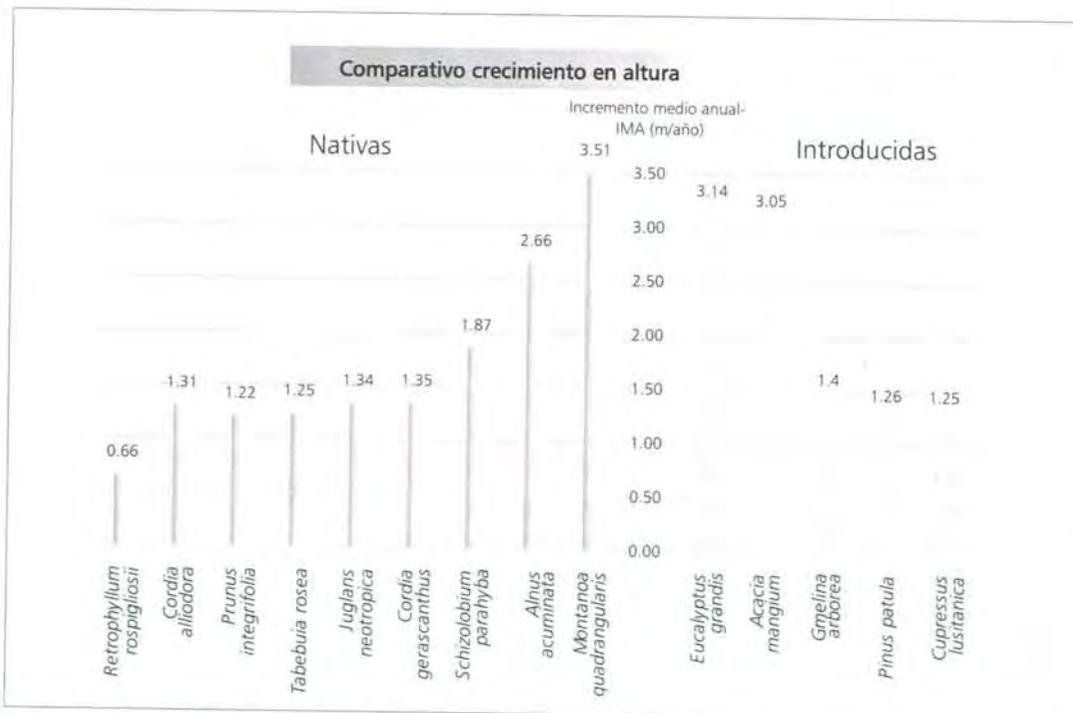
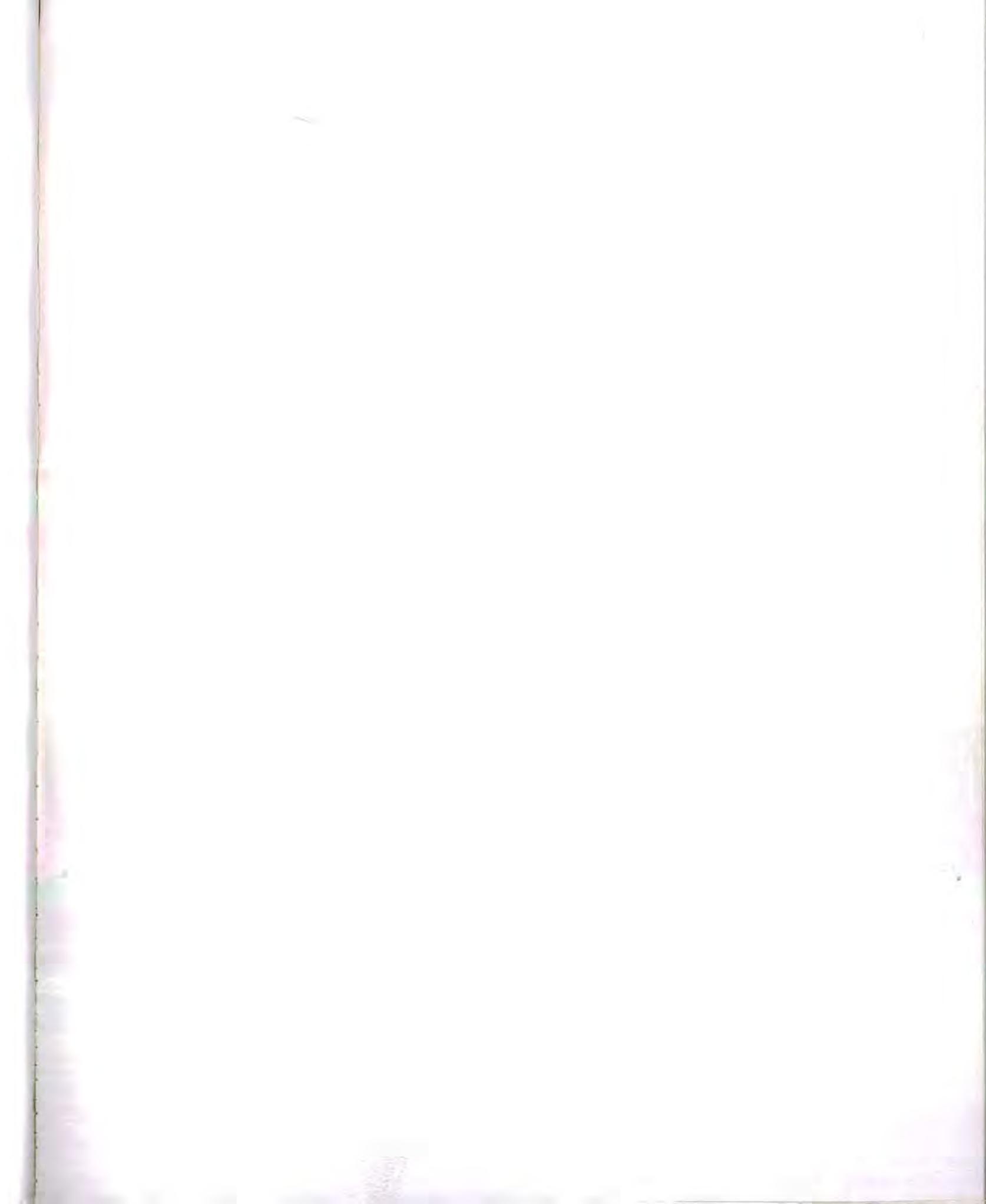


Figura 48. Comparativo de desarrollo en altura, entre especies nativas e introducidas



Experimentación

Una de las prácticas más importantes de la investigación agrícola es la replicación de experimentos en diversas condiciones ambientales, lo cual es aún más relevante para la zona cafetera colombiana, en la cual se presentan características climáticas y de suelo muy variadas.

Al conocer el comportamiento del cafeto en estas circunstancias, es posible ajustar las recomendaciones relacionadas con los distintos

aspectos de manejo del cultivo y tener así mayor eficiencia y productividad.

Para estos fines, Cenicafé pudo disponer, hasta mayo de 2001, de 18 granjas experimentales ubicadas en 12 departamentos y con cubrimiento hacia toda la zona cafetera. A partir de ese mes, se tuvo la necesidad de reducir considerablemente esta cobertura y se cuenta ahora con 10 estaciones experimentales solamente, ubicadas en los departamentos de Antioquia, Caldas, Cauca, Cesar, Cundinamarca, Santander, Tolima, Quindío y Risaralda ■



Uso de la tierra

En la Tabla 19 se presenta el estado del uso de la tierra en las Subestaciones a septiembre de 2001. Los experimentos en café ocupan alrededor de 91 ha, el café comercial 62ha, la producción de semilla 35ha, guadua y pastos 25 ha c/u, forestales 6ha, macadamia y cítricos 7ha c/u, plátano 5ha, y bosques 80 ha. El área experimental disponible en las subestaciones de la zona central es alrededor de 17ha, 12 de ellas en la Estación Central Naranjal. En fincas particulares se están empleando cerca de 20ha en la ejecución de varios experimentos.

Experimentos en las subestaciones

Hasta mediados de mayo, cuando estaban en funcionamiento 17 Subestaciones, se tenía un inventario de 414 experimentos. Por el cierre de sedes se cancelaron 101 experimentos. A septiembre se tenía un inventario de 313 experimentos de los cuales, los experimentos en café

vigentes eran 105 y se habían instalado 23 experimentos nuevos, 16 de ellos en la Estación Central Naranjal. Se terminaron 35 experimentos, se eliminaron 18 y se suspendieron 120. Se tenían además 12 experimentos en actividades asociadas o complementarias al café y relacionadas con plátano, cítricos, macadamia, caucho, forestales, pasifloras y ganadería. La distribución de experimentos por Programas y Disciplinas, tabla 2, permite observar que la mayor parte de experimentos que se desarrollan en las subestaciones corresponden a Mejoramiento Genético (50%), seguido por Fitotecnia (18%), fincas particulares (11%) y Etia (4,5%). En la Estación Central Naranjal es donde se desarrollan más experimentos, para un total de 113, equivalente al 36% de los experimentos vigentes. En la subestación El Rosario se encuentra el menor número de experimentos (18) o sea el 6%.

Experimentos en fincas particulares

En fincas particulares de todo el país y con apoyo de las

Subestaciones del Programa de Experimentación, se tiene actualmente 35 experimentos, 24 de ellos de la Disciplina de Química Agrícola y 11 de Fitotecnia (Tabla 20).

Efecto del cierre de Subestaciones en la investigación. Como consecuencia del cierre de las Subestaciones, se suspendieron 101 experimentos (Tabla 21). El Programa de Agronomía fue el más afectado con 51 experimentos suspendidos (50%), seguido por el Programa de Biología con 28 (28%). La disciplina de Fitotecnia resultó afectada en un 28%, Mejoramiento Genético en un 20% y Química Agrícola en un 15%.

Distribución de semilla. En la Tabla 22 se discrimina por Comités de Cafeteros, la entrega de semilla en el lapso octubre de 2000 - septiembre de 2001, donde se aplican los porcentajes de participación de cada Comité sobre una base de 100.000kg. De variedad Colombia se distribuyeron 37.693,5kg y de porte alto 1658,5kg. Para el período enero-septiembre de 2001 se han entregado 12.636kg de

Tabla 19. Distribución del área de las Subestaciones según el uso de la tierra. Septiembre de 2001

SUBESTACIÓN	USO DE LA TIERRA (ha)																	
	Café Exptos	Café Semilla	Café Com.	Exptos Forestal	Plátano	Macad.	Cítricos	Caucho	Morera	Bosques	Pastos	Guadua	Conserv. aguas	Infraest.	Otros	Área Exp. Dispon.	Área Total	Fincas Partic.
El Tambo			18.10							4.00	15.6		2.80	2.90	18.50		46.30	0.80
Paraguacito	8.94		5.00	0.60	1.80	6.99	0.60	4.00		5.30	2.00	7.00		6.60			48.83	1.20
Maracay	1.40	11.20	4.60											6.40	3.40		27.00	0.50
La Catalina	18.30	2.40			2.40			3.80	0.33	1.02				2.60		3.00	41.66	0.10
Libano La Trinidad	3.00	6.00	2.45					0.50		2.20				0.45		0.90	15.90	1.25
Libano La Unión	2.76		2.05												0.14	0.34	5.29	
Naranjal	31.60	8.40	12.40		1.00	0.10	1.00			5.00	2.20	10.00		6.00		12.40	90.10	2.79
Sta. Barbara	7.60		2.30		0.10					0.20				0.20	3.10		13.50	1.25
El Rosario	3.80	2.60								6.00	7.00			0.50	1.00		20.90	
Santander	1.60	4.70	2.50	2.70						7.20	2.90	0.10	6.12	1.10			28.92	11.75
Pueblo Bello	12.16		12.85	3.00				0.80		50.00	10.50					40.00	142.11	0.80
TOTAL	91.16	35.30	62.25	6.30	5.30	7.09	6.70	4.33	1.02	79.90	24.60	24.91	8.92	26.75	66.14	29.44	480.11	20.44

variedad Colombia y 591,5kg de porte alto. Se observa una reducción del 58,6% en la cantidad de semilla entregada con relación al mismo período del 2000 (Tabla 23).

Comportamiento y manejo de la broca. En las subestaciones de la zona cafetera Central, la infestación por broca tuvo una tendencia alta durante el primer semestre y fue especialmente problemática en las subestaciones de Maracay, La Catalina y Naranjal (Tabla 24). En la Subestación

Maracay la infestación de broca se ha venido incrementando desde marzo debido especialmente a que de las 17ha de café, el 40% presenta edades superiores a 5 años y dificultades para una buena labor de recolección.

En la Estación Central Naranjal el costo del control de la broca, en lotes con más del 10% de infestación y con aplicaciones de insecticidas dirigidas a los focos, fue de \$7,50 por kilogramo de café.

Difusión de resultados. Entre las tareas más importantes de las subestaciones es servir como centro regional para la difusión de los resultados obtenidos con los experimentos que se desarrollan en cada una y mediante la capacitación a un numeroso grupo de visitantes relacionados con la caficultura o el sector agrícola en general. Durante el período del informe se atendieron un total de 8926 visitantes (Tabla 25).

Tabla 20. Experimentos vigentes en las Subestaciones Experimentales por Programas y Disciplinas. Septiembre de 2001

LOCALIDAD	Agronomía			Biología				Poscos ING	Etia ETI	Apoyos			Exp SUB	Fincas		Total EXPTOS
	CSU	FIT	QAG	ENT	FIS	MEG	PAT			ACL	BIO	ECO		QAG	FIT	
El Tambo	1	12	3		1	2			1	1				4	1	26
Paraguacito	1	5	3		1	6			5	2				2	1	26
Maracay	1	2	2		1	28	1			1				2		38
La Catalina	1	5	5	2	1	10	2		1	1	1			1		30
Libano	1	4	5		1	16	1		1	1				3	1	34
Naranjal	1	9	3		2	86	1	1	4			1		3	2	113
Cenicafé Granja	1				1					1						3
Sta. Barbara	1	6	2		1	3	1	1		1				5	1	22
El Rosario	1	2	5		1	3	1			1						14
Santander	1	3	4		1	2			1	1					5	18
Pueblo Bello	1	7	3		1	2			1	1			1	4		21
SUBTOTAL	11	55	3	2	12	158	7	2	14	11	1	1	1	24	11	313
TOTAL		69			179			2	14		13		1	35		313

Tabla 21. Número de Experimentos suspendidos por el Cierre de Subestaciones

Subestación	Agronomía			Biología			Poscos ING	Etia ETI	Experim EXP	Apoyos ACL	Fincas PART	Total EXPTOS
	CSU	FIT	QAG	FIS	MEG	PAT						
Consacá	1	2			1	1				1		6
La Unión	1	3	4	1	2					1	4	16
Gigante	1	6	2	1	2		1	3		1	3	20
La Sirena	1	6	2	1	1					1		12
Valle	1	6		1	1					1		10
Marquetalia	1	2	2	1	2					1	1	10
Supía	1		2		9	1		1		1		15
Convención	1	3	3	1	2				1	1		12
TOTAL	8	28	15	6	20	2	1	4	1	8	8	101

Tabla 22. Distribución de semilla de variedad Colombia y porte alto a los Comités de cafeteros

Comité	% Participacion	Variedad Colombia Asignado kg	Entregado Acumulado kg	Porte alto Acumulado kg
Antioquia	17.22	17220	1500	
Boyacá	1.05	1050	210.0	90
Caldas	11.844	11844	2487	10
Cauca	6.7	6700	771	0
Cesar-Guajira	1.794	1794	300.0	0
Cundinamarca	6.4	6400	930.0	60
Huila	7.45	7450	450.0	0
Magdalena	1.07	1070	0.0	0
Nariño	2.23	2230	801.0	
N. De Santander	3.001	3001	799.5	348
Quindío	7.844	7844	354.0	0
Risaralda	7.854	7854	250.5	0
Santander	4.4	4400	1455	20
Tolima	11.3	11300	1389.0	0
Valle	9.843	9843	300.0	0
Of. Enlace			484.5	58.5
Otros			154.5	5

Tabla 23. Comparativo de distribución de semilla enero – septiembre 2000-2001

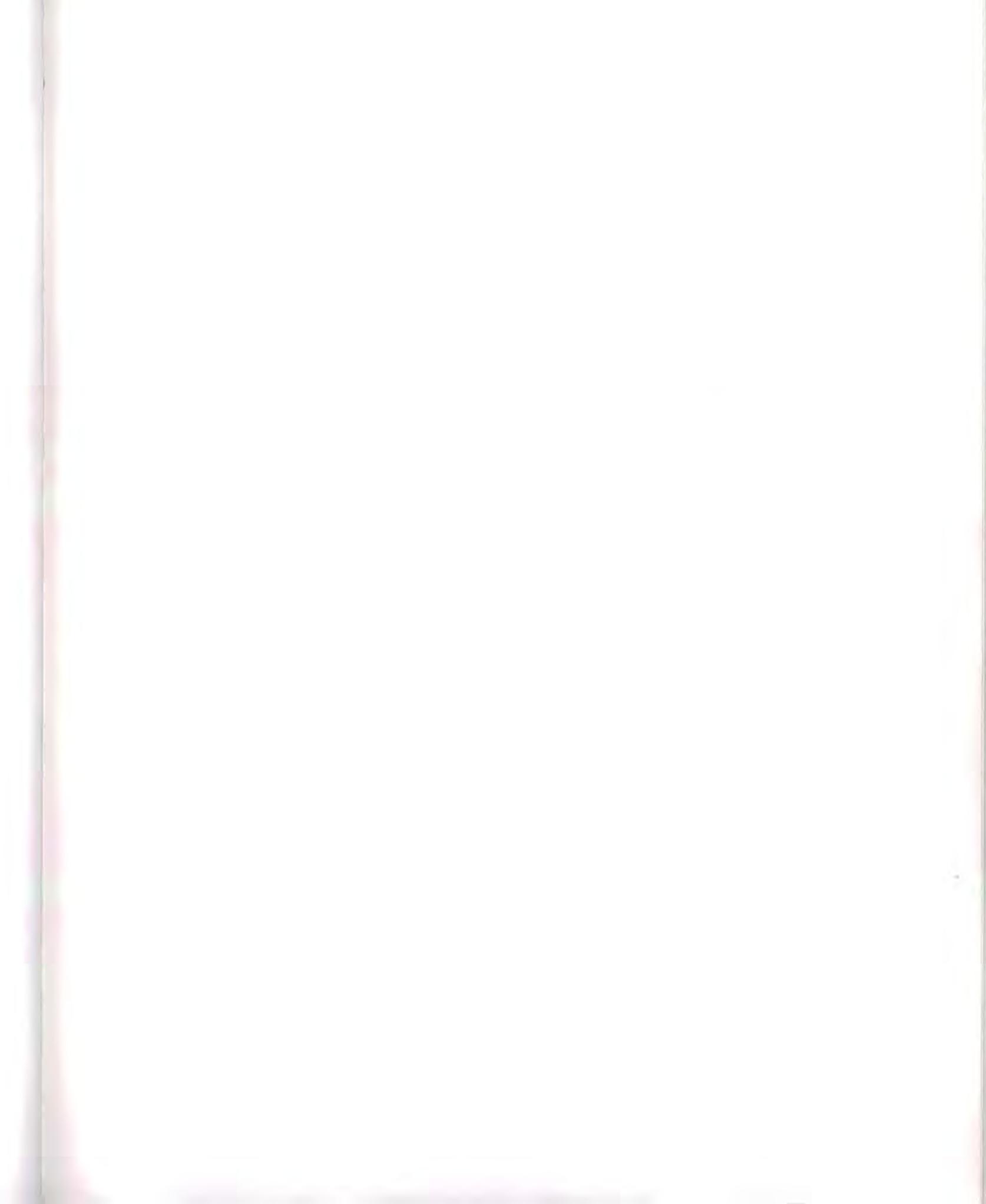
Tipo de semilla	ENE - SEP 2000	ENE - SEP 2001	Diferencia 2001
Variedad Colombia	30.723.0	12.636.0	- 58.9%
Porte Alto resistente	1.245.0	591.5	- 52.4%
TOTAL	31.968.0	13.227.5	- 58.6%

Tabla 24. Evolución de la infestación por broca en las Subestaciones Experimentales.

Subestación	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	PROM
El Tambo													
Paraguacito	2.50	2.60	1.80	4.85	5.70	4.20	3.20	1.40	1.50	1.00	0.50		2.70
Maracay		2.43	1.47	1.79		8.70	8.22	9.26	8.05	9.09	8.73	11.47	6.90
La Catalina		6.50	6.54	6.80		11.00	12.60	3.70	4.90	3.80	2.80		6.50
Libano La Trinidad	4.20	1.50	0.80	1.40	1.50	1.30	2.50	2.20	2.20	3.30	2.30	1.20	2.20
Libano La Unión	0.80	5.20	4.40	3.10	4.80	6.50	4.30	4.20	3.30	4.90	4.00	3.60	4.10
Naranjal	5.60	4.80	6.00	9.40	10.20	10.90	7.00	5.00	8.50	5.20	3.00	4.20	6.70
Sta. Bárbara	1.80	1.90	2.10	1.40	1.50		1.90	2.10	2.00	1.70	2.20	1.90	1.90
El Rosario													4.80
Santander													
Pueblo Bello	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Promedio	3.00	3.60	3.30	4.10	4.70	7.10	5.70	4.00	4.30	4.10	3.40	3.20	5.70

Tabla 25. Actividades de difusión de los resultados de las investigaciones a nivel regional.

Subestacion	Estudiantes	Agricultores	Técnicos	Docentes	Otros	Total	Giras
El Tambo	24	793	60			877	8
Paraguaicito	54	50	156			293	
Maracay				500		736	
La Catalina	732	521	609		16	1878	
Líbano						400	14
Naranjal	568	118	10	53		749	
Sta. Bárbara	114	322	95		22	553	
El Rosario						1549	39
Santander	722	268	64		23	1082	67
Pueblo Bello	471	258	80			809	
TOTAL	2685	2330	1074	553	61	8926	128



Apoyos Básicos

El Programa de Apoyos Básicos comprende las dependencias que tienen funciones de asesoría a la investigación en aspectos estadísticos, de sistemas. Económicos y climáticos, así como los relacionados con la documentación y transferencia de los resultados de investigación y

las tecnologías generadas por el Centro.

Se destacan las actividades del Programa de Biología de la Conservación en cuanto a las investigaciones con financiación externa. Se establecieron proyectos de investigación con participación de estudiantes en los estudios sobre las comunidades de aves en diferentes tipos de sombríos. Además, se continuaron los censos periódicos de aves en los terrenos de Planalto ■



Biología de la Conservación

Las actividades realizadas durante el año 2001 por el equipo del Programa de Biología de la Conservación pueden agruparse en cinco categorías principales: investigación, publicaciones, presentaciones, divulgación y participación en procesos interinstitucionales de conservación.

Este fue un año de importancia para el Programa porque se ha adelantado en su consolidación: realizando las investigaciones para las cuales se habían obtenido fondos en el año anterior, publicando resultados de algunas de nuestras investigaciones, presentando en diversos foros y reuniones nacionales los componentes y resultados iniciales de nuestro programa y participando en procesos interinstitucionales para la formulación de programas de conservación o de formulación de propuestas de investigación.

Durante los primeros cinco meses del año, el equipo del Programa de Biología de la Conservación tuvo una dedicación muy importante a la realización del Diagnóstico de la Biodiversidad que nos había encargado la Secretaría de Planeación Municipal de Manizales. Este estudio se terminó en el tiempo asignado y con muchas satisfacciones para nosotros.

Se hicieron también adelantos en la realización de los proyectos de investigación con partici-

pación de estudiantes y aunque aun no se han producido los informes finales o publicaciones, ya ha sido posible obtener resultados iniciales y hacer presentaciones sobre ellos en congresos y reuniones científicas. En cuanto investigaciones de campo, se adelantó también en los estudios sobre las comunidades de aves en diferentes tipos de sombríos y se continuaron los censos periódicos de aves en los terrenos de Cenicafé.

Durante este año también se adelantó en la producción de manuscritos para publicación. Dos de esos manuscritos fueron publicados internacionalmente y en inglés, otro manuscrito fue incluido en el último número del Boletín de la Sociedad Antioqueña de Ornitología.

Debido posiblemente al interés que ha tomado la caficultura como sistema productivo con potenciales para la conservación de la biodiversidad, durante este año el Programa fue invitado a presentar nuestras ideas y resultados de los estudios en diferentes foros, talleres, congresos y reuniones científicas.

Estas presentaciones y participaciones han permitido la vinculación a procesos interinstitucionales que buscan promover la conservación de la biodiversidad y la sostenibilidad ambiental en las regiones cafeteras del país.

Investigación

Una de las actividades más importantes que ha desarrollado el Programa de Biología de la Conservación fue en el campo de la investigación.

La Biodiversidad en el Municipio de Manizales: Inventario y Diagnóstico del Patrimonio Biótico (ENT 1110). Con fondos obtenidos de la Secretaría de Planeación del Municipio de Manizales, se desarrollo un proyecto cuyo objetivo principal fue realizar una evaluación del estado de la biodiversidad en el municipio de Manizales, examinando los potenciales, limitantes y problemas, dentro del contexto regional de la cuenca del río Chinchiná. Este diagnóstico hizo parte del soporte técnico del Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Manizales. Como parte de este estudio se realizaron censos de aves desde transectos lineales y con redes de niebla y se muestrearon transectos de vegetación en varias de las áreas de interés ambiental del municipio.

Los análisis de la información obtenida permitieron concluir que el municipio aún tiene una importante biodiversidad por conservar. Sin embargo esta diversidad se encuentra amenazada por los serios procesos de extinción de especies que se han dado en el pasado y en el presente. Lo anterior hace

necesario tomar medidas para detener esta pérdida, considerando a la biodiversidad como un elemento fundamental en la planeación y eje de los planes de manejo y conservación. La conservación de los diferentes elementos de la biodiversidad en Manizales depende en gran medida de todas las acciones que se tomen en las diferentes zonas de vida presentes en el municipio, debido a que toda esta biodiversidad no está distribuida de manera homogénea en el territorio municipal.

Uso de la avifauna en el diagnóstico del estado de la biodiversidad del municipio de Manizales. Enmarcado dentro del proyecto anterior se realizó este estudio como parte de la tesis de pregrado en Ecología de la Pontificia Universidad Javeriana del estudiante Juan Carlos Rodríguez. El objetivo principal de este estudio es contribuir a la conservación de la biodiversidad municipal a partir del diagnóstico del estado de su avifauna y proponer un modelo de análisis de biodiversidad regional a partir del estudio de la avifauna. Los resultados de este análisis que aún no ha sido terminado, ya empiezan a evidenciar la utilidad de las aves como grupo indicador del estado de la biodiversidad. Se han podido hacer análisis de extinciones, vulnerabilidad, amenaza y sensibilidad a disturbios humanos. En la actualidad se está completando el análisis de la información para poder elaborar un modelo de evaluación de la biodiversidad que pueda ser

utilizado por otros municipios o regiones.

Aves en cafetales con sombrío y remanentes de bosque en zonas cafeteras (ENT 1108).

Continuando con el ENT 1101, los objetivos de este experimento han sido dos: (1) estudiar las comunidades de aves en plantaciones de café con sombrío y su relación con las características estructurales y de composición del sombrío y (2) estudiar la avifauna y vegetación en relictos de bosque en zonas cafeteras. Actualmente nos encontramos completando muestreos en otros tipos de cafetales de sombrío y en remanentes de bosque en la zona de Támesis, Antioquia.

Censos periódicos de las aves de la Estación de Cenicafé. Continuando con los censos periódicos de aves en Cenicafé, hemos realizado ya 35 censos mensuales. De esta manera se ha conformado una base de datos sobre la presencia y abundancia de especies de aves que comprende un período de casi tres años e incluye tres períodos completos de la estadia de las migratorias en la región.

Estudio del comportamiento reproductivo de las aves acuáticas de la laguna del Otún y humedales aledaños. Este proyecto, que forma parte de una segunda etapa del estudio de las aves acuáticas en la Laguna del Otún, ha recibido el apoyo financiero de la Fundación FES a través de su

programa de Becas de Investigación sobre Biodiversidad y el apoyo logístico de la Dirección del Parque Los Nevados. Los objetivos del estudio son estudiar el comportamiento reproductivo de cuatro especies de aves acuáticas de los humedales altonandinos y formular recomendaciones para su conservación. La fase de campo y el análisis de la información ya concluyeron y un primer borrador de la tesis ya ha sido concluido.

Conectividad de los cafetales con sombrío y cañadas arborizadas para las aves de remanentes de bosque de las zonas cafeteras colombianas (Ent 1109).

El objetivo principal de este proyecto es determinar la conectividad de las cañadas arborizadas para las aves en remanentes de bosque localizados en la zona cafetera del Quindío. Hasta el momento, la fase de campo ha finalizado y ahora se adelantan los análisis preliminares de los resultados obtenidos. Este proyecto se realizó con fondos de una beca para el estudio y conservación de las aves neotropicales de la American Bird Conservancy, y con la colaboración y asesoría del Dr. Luis Miguel Rengifo, Jefe del Programa de Biología de la Conservación del Instituto Alexander von Humboldt. Además se contó con la colaboración del Comité de Cafeteros del Quindío y la Empresa de Acueducto del Quindío, ESAQUIN. Los estudiantes Andrés López y Giovanni Torres, de Medicina Veterinaria de la Universidad de Caldas,

llevaron a cabo el trabajo de campo y los análisis correspondientes, este estudio hace parte de sus trabajos de grado. Los análisis preliminares de este estudio evidencian el gran valor de las cañadas arborizadas en zona cafetera, como corredores biológicos para las aves de bosque.

Ecología del Lorito Cadillero, *Bolborhynchus ferrugineifrons*, en zonas aledañas a la laguna del Otún, PNN Los Nevados.

Para la realización de este estudio, cuyo objetivo general es obtener información básica sobre la ecología del lorito cadillero y formular recomendaciones para la conservación de esa especie en la laguna del Otún y zonas aledañas, se obtuvieron fondos del Programa Becas para la Conservación de especies de Fauna y Flora en Peligro de Extinción del Instituto Alexander von Humboldt y fondos de la Fundación FES, en su Programa de Becas para la Investigación de la biodiversidad. Aunque actualmente está por concluir la etapa de campo de este proyecto, un análisis preliminar de la información obtenida hasta el momento muestra que se han obtenido datos nuevos y muy valiosos en lo que respecta a la biología de esta especie tan rara y amenazada de extinción.

Ecología del *Dacnis hartlaubi* en la zona cafetera de Támesis, Antioquia (ENT 1111). Durante la realización del experimento ENT 1101 visitamos la zona de Támesis, donde se encontró una pobla-

ción de *Dacnis turquesa (Dacnis hartlaubi)* en cafetales con sombrío adyacentes a fragmentos de bosque. El *Dacnis turquesa* es una especie de aves endémica y vulnerable de Colombia y sobre la cual existe una gravísima carencia de información básica. Este hallazgo dio origen a la formulación de un proyecto cuyo objetivo es obtener información básica sobre la ecología de esa especie y producir un plan con recomendaciones para su conservación en la región de Támesis, Antioquia. Para este estudio se obtuvieron fondos del Instituto Alexander von Humboldt y la Audubon Naturalists Society. En este momento ya se ha iniciado la etapa de campo, se han seleccionado las localidades de estudio y se han marcado los transectos sobre los cuales se realizarán los censos a partir de los próximos días. De esta manera buscamos monitorear las poblaciones de esta desconocida especie en una región cafetera del país.

Caracterización de humedales localizados en el Parque Nacional Natural Los Nevados y su zona amortiguadora, departamentos de Risaralda y Caldas, describiendo sus condiciones hídricas, funciones, atributos y factores de cambio. Por invitación de la administración del Parque Nacional Natural Los Nevados, se presentó una propuesta a la convocatoria para la realización del inventario y caracterización de humedales de la zona de amortiguación del Parque Los

Nevados. Nuestra propuesta fue aceptada por los evaluadores. La CRQ ha invitado a Cenicafé a firmar un convenio para la realización del estudio. Este convenio está ahora siendo evaluado por Cenicafé.

Aproximación Integral al Desarrollo Regional Sostenible. En unión de más de 10 instituciones colombianas y europeas y de cinco disciplinas de Cenicafé y bajo la coordinación de las entidades francesa Indecore y colombiana CRECE, el Programa de Biología de la Conservación participó en la elaboración de una propuesta de investigación que en meses pasados fue sometida a consideración de la Comisión Europea. Nuestra propuesta hizo parte del componente ambiental de la propuesta, titulado Dinámica del uso del suelo y Sostenibilidad Ambiental. Las decisiones de la Comisión Europea serán sabidas en el próximo mes de noviembre.

Conservación y uso sostenible de la biodiversidad en paisajes rurales de los Andes colombianos. El Programa de Biología de la Conservación de Cenicafé ha sido invitado a colaborar en un proyecto titulado «Conservación y Uso Sostenible de la Biodiversidad en los Andes Colombianos» que coordinará el Instituto Alexander von Humboldt con financiación del Global Environmental Facility del Banco Mundial. Los objetivos principales del estudio en paisajes rurales que nosotros adelantaremos, son (1) Realizar

una evaluación de las oportunidades de conservación en los paisajes transformados cerca a áreas de conservación, (2) apoyar el desarrollo de herramientas de manejo para la conservación de la biodiversidad en los paisajes rurales, (3) diseminar las herramientas de manejo que sean desarrolladas en el estudio y (4) desarrollar un sistema de incentivos institucionales y económicos para apoyar la implementación de las herramientas de conservación.

Publicaciones

Botero, J.E. and J.C. Verhelst. 2001. Turquoise *Dacnis Dacnis hartlaubi*, a Colombian endemic in shade coffee plantations Colombiana. *Cotinga* 15:34-36.

Botero, J.E. and P.S. Baker. 2001. Coffee and biodiversity; a producer-country perspective. Pp.94-103 in P.S. Baker (ed.) *Coffee Futures, A source book of some critical issues confronting the coffee industry*. Cabi -Federacafé, USDA-ICO. 110 pp.

Pfeifer, A.M., J.C. Verhelst y J.E. Botero. 2001. El estado de conservación de la avifauna del Parque Nacional Natural los Nevados y su zona de amortiguación. *Boletín SAO* 12 (22-23):21-41.

Renjifo, L.M., A.M. Franco, H. Álvarez-López, M. Álvarez, R. Borja, J.E. Botero, S. Córdoba, S. de la Zerda, G. Didier, F.

Estela, G. Kattán, E. Londoño, C. Márquez, M.I. Montenegro, C. Murcia, J.V. Rodríguez, C. Samper y W.H. Weber. 2000. *Estrategia nacional para la conservación de las aves de Colombia*. Instituto Alexander von Humboldt, Bogotá, Colombia. 36 pp.

Divulgación

Participación en programas interinstitucionales de conservación

Durante este último año, el Programa de Biología de la Conservación participó en cinco programas interinstitucionales de conservación.

Red Nacional de Observadores de Aves y Censos Nacionales de Aves, Instituto Alexander von Humboldt y las Sociedades Ornitológicas de Colombia. El Programa de Biología de la Conservación en asocio con la Sociedad Caldense de Ornitología participó en las reuniones coordinadas en Bogotá y apoyadas financieramente por el Instituto A. von Humboldt para promover la creación de una red nacional de observadores de aves y la programación de los censos nacionales de aves. Como resultado de estas reuniones, en las que participaron miembros de diferentes sociedades ornitológicas del país, observadores de aves y funcionarios de organismos de conservación de las aves, se creó el primer red de observa-

dores de aves del país. Además, se adelantó en la programación y definición de la metodología a seguir para la realización de los censos nacionales de aves. Un primer censo se programó para el mes de diciembre próximo. Un censo de aves acuáticas también fue programado para marzo del año entrante.

Convenio Federacafé – Humboldt.

Durante este año también se han realizado algunas tareas para revivir el Convenio que hace unos pocos años firmaron la Federación Nacional de Cafeteros y el Instituto Alexander von Humboldt. Acompañando al director de Cenicafé, asistimos a una reunión con el director del Von Humboldt y algunos miembros de su equipo de investigadores. También se han realizado varias reuniones con el Dr. Luis M. Renjifo, director del Programa de Biología de la Conservación de esa institución y con Clara Inés Ríos, funcionaria encargada del convenio. Como resultado de estas reuniones y las gestiones adelantadas en la oficina central de la Federación, durante el mes de octubre se firmó un convenio marco entre las dos instituciones. Este convenio tiene como objetivo general la cooperación científica y tecnológica para la ejecución del proyecto "Conservación y uso sostenible de biodiversidad en los Andes Colombianos". Ahora se está trabajando en la elaboración de un convenio específico que considerará las actividades concretas que se realizarán como parte de la primera fase de ese proyecto.

Biometría

La disciplina de Biometría, ha trabajado en las líneas de investigación: Cosecha manual asistida y validación del modelo de simulación matemática del cultivo del café.

Estudio del Sistema Operativo de la Cosecha Manual Asistida del Café. Se realizaron pruebas para seleccionar el dispositivo más apropiado para el método mejorado de la recolección, a través de un diseño experimental de cuadrado latino de tres tratamientos (Boca Grande, Lengua Corta y Lengua Larga), en las variables kilogramos cosechados, duración, kilogramos de café disponibles y porcentaje de frutos totales, verdes y maduros dejados en el suelo por jornada, tiempo de recolección y peso de frutos por árbol. Las pruebas se realizaron en las subestaciones experimentales La Catalina (Pereira) y El Rosario (Antioquia), con personal de ambos sexos, en diferentes condiciones topográficas. El análisis de varianza, al nivel del 5%, sólo mostró efecto de los tratamientos para la variable porcentaje de frutos dejados en el suelo y la prueba de Tukey al mismo nivel, detectó diferencias del orden del 0,5% entre Boca Grande y Lengua Corta, a favor del primero.

El porcentaje de casos en los cuales se cumplió con el estándar de tiempo osciló entre el 50 y 71%. El análisis de actitud mostró acuerdo entre

los operarios, según prueba de Kendall al 5%, para las calificaciones otorgadas en las respuestas en los componentes cognitivo, afectivo y conductual en cada uno de los dispositivos, observándose aceptación para Boca Grande y Lengua Corta y rechazo para Lengua Larga. Empleando el mismo diseño experimental y variables anteriores, se evaluaron los dispositivos aceptados y un tercero, denominado Tradicional Modificado, en la subestación experimental Santa Bárbara (Sasaima). El análisis de varianza no mostró efecto de los tratamientos para ninguna de las variables evaluadas. El porcentaje de casos en los cuales se cumplió con el estándar de tiempo osciló entre el 12,5 y 50%. La prueba de Kendall mostró acuerdo entre operarios para las calificaciones otorgadas a cada dispositivo, en cada uno de los componentes de la evaluación de actitud y la prueba de Friedman al 5%, no mostró diferencias para las calificaciones a las preguntas entre dispositivos. El análisis psicológico cualitativo mostró que los dispositivos en cuestión satisfacen las expectativas operativas de los recolectores, pero a cada uno se le encontraron ventajas y desventajas relacionadas con su diseño. Este análisis cualitativo condujo a afirmar que el hábito, la correcta selección del dispositivo y el estado del cafetal, son los principales factores relacionados con el éxito en la ejecución y aplicación del método mejorado.

A partir del conocimiento generado hasta el momento se realizó un ejercicio teórico, tomando como base la recolección de 100 kilogramos de café cereza, en el cual se muestra que, por cada 5% de aumento en el porcentaje de frutos maduros desprendidos (eficacia), el caficultor recupera 1,1kg de café pergamino seco. Al aumentar en un 5% el porcentaje de frutos maduros recolectado (calidad), el aumento de café pergamino seco oscila entre 0,4 y 3,0 kilogramos. En cuanto a las pérdidas, disminuir en un 1% el porcentaje de frutos dejados en el suelo, produciría un aumento de 0,24kg de café pergamino seco. La contribución del indicador de eficiencia se proyecta en dos aspectos: 1) determinar el número de recolectores necesarios para atender el proceso, lo cual racionaliza la demanda de mano de obra, tendiéndose a disminuir el precio pagado por kilogramo de café recolectado y 2) Planteamiento de tarifas de pago basadas en el desempeño operativo de los operarios, mediante las cuales el caficultor podría disminuir entre 3,9 y 42,8% los costos de la recolección. Para la determinación rápida en el campo de las variables que representan los anteriores indicadores, se generaron tablas que relacionan el número de frutos dejados en el árbol y en suelo con los indicadores de eficacia y pérdidas, respectivamente, así como también el número de recolectores necesarios en el

proceso de acuerdo con la densidad de siembra y el promedio de la carga de café en el árbol. Con el objetivo de ajustar el anterior análisis teórico y obtener recomendaciones operativas concretas, se han desarrollado pruebas preliminares de campo en la finca La Soledad (Palestina) y en la subestación experimental La Catalina (Pereira).

El proceso de validación del modelo de simulación del cultivo del café, se ha hecho, hasta el momento, sobre la estructura del Nivel de Producción Potencial, específicamente en: índice de área foliar y materia seca acumulada por planta, tallo, ramas, hojas y parte aérea. Para la validación del índice de área foliar y materia seca acumulada de la planta, se tomaron los datos observados del experimento FIS 0201, realizado en las localidades de Paraguaicito, Marquetalia y Naranjal, durante cinco años, con una densidad de 3906 plantas de variedad Colombia, por hectárea y sembrado en el 15 de noviembre de 1990.

Los resultados de la relación lineal entre los valores observados y simulados del índice de área foliar, mostraron coeficientes de correlación mayores de 0,97 y los coeficientes de regresión fueron estadísticamente menores que 1 para las localidades de Paraguaicito y Naranjal, lo cual implica que el modelo de simulación sobrestima el índice de área foliar, mientras que para Marquetalia, el coeficiente de regresión fue

estadísticamente igual a uno, indicando que hay una relación uno a uno entre valores observados y simulados, es decir, el modelo para esta localidad ni sobrestima ni subestima el valor observado. La probabilidad para que las diferencias absolutas de los valores observados y simulados del índice de área foliar sean menores o iguales a 0,5, es del 51% y para diferencias menores o iguales a 0,82 de 62%. La relación lineal entre el valor observado y el valor simulado para la materia seca acumulada por planta, en las tres localidades, tuvo coeficientes de determinación entre 0,98 y 0,99 y los coeficientes de regresión fueron estadísticamente menores de uno, según prueba t al 5%, lo cual se esperaba con el nivel I o producción potencial, es decir, que el modelo sobrestime el valor observado de materia seca acumulada.

Para la validación de la materia seca por órgano de la planta se tomaron como referencia los valores observados del experimento FIS 0202, realizado en las localidades de Santágueda (1000m de altitud), Naranjal (1400m de altitud) y El Tablazo (1900m de altitud), en las cuales se sembraron, el 15 de enero de 1996, 5000 plantas por hectárea de café variedad Colombia. Los registros de materia seca se llevaron trimestralmente durante 4 años en los siguientes órganos: tallo, ramas, hojas y parte aérea de la planta. Para Naranjal, el modelo sobrestimó (coeficientes de regresión estadísticamente menores que 1, según prueba

de t al 5%), tanto el promedio observado, como el límite superior para el promedio de materia seca acumulada, en el tallo, ramas, hojas y parte aérea; en Santágueda, para el único órgano que el modelo no sobrestimó la materia seca, fue en las hojas ($b=1$) y para el Tablazo el único órgano que el modelo no sobrestimó la materia seca fue en las ramas, de tal manera que el coeficiente de regresión fue igual a uno, para la relación entre el promedio observado y el valor simulado, y mayor que uno, para la relación entre el límite superior para el promedio observado y el valor simulado. En el 91,7% de los casos, el coeficiente de correlación entre los valores observados y simulados fue mayor del 80%, y en el 83,3% de los casos, el modelo sobrestimó la materia seca acumulada por órgano, es decir, el coeficiente de regresión lineal fue menor de 1, estadísticamente, según prueba t al 5%. Estos resultados, corroboran las siguientes hipótesis de trabajo: El coeficiente de correlación lineal entre valores observados y simulados de la producción acumulada, es mayor del 80%, en al menos el 75% de los casos y el coeficiente de regresión lineal entre valores observados y simulados de la producción potencial, es menor que uno, en al menos el 75% de los casos.

Se tiene proyectado continuar con la validación del modelo, tanto en los niveles I y II, en la variable endógena de producción, expresada en kilogramos

de café cereza (kg de cc), aplicar y evaluar el modelo en el pronóstico de cosecha y

aplicar el modelo de simulación para el cultivo del café, en la evaluación del efecto del déficit

hídrico en la producción potencial de los diferentes Ecotopos Cafeteros.

Economía

Durante el año cafetero 2000 - 2001, la Disciplina de Economía continuó con la ejecución del plan de investigaciones así como en el desarrollo de las actividades propias de la disciplina. Las actividades principales estuvieron alrededor de la presentación de cuatro perfiles de investigación y del inicio de cuatro investigaciones. En este período, la mayor parte de la actividad de investigación de la disciplina estuvo enfocada hacia la mano de obra de la recolección, tema en el cual se espera generó información básica sobre aspectos socioeconómicos, de productividad de la mano de obra, así como lo relacionado con la migración de recolectores. Igualmente se presentó un seminario científico en el cual se visualizó cómo el costo de la recolección de café incide en el desempeño y viabilidad de las fincas cafeteras. En este mismo tema de la cosecha, se inició la planeación de un estudio sobre el posible impacto socioeconómico ex-ante, con el fin de proyectar los posibles impactos del proyecto de investigación en cosecha mecánica y asistida de café.

Adicionalmente se hizo una amplia difusión del análisis económico de 12 prácticas para mejorar el desempeño de las

fincas cafeteras. Entre la difusión de este y otros temas se capacitaron más de 600 personas.

Conjuntamente con el Comité de Cafeteros de Caldas, se adelantó la fase de campo del estudio sobre determinantes de la productividad del café en este departamento, de cuyos resultados preliminares se incluyen, en el informe escrito.

Resultados

Sobresalientes

Con relación a los resultados más sobresalientes se describen las conclusiones principales de los análisis llevados a cabo en los trabajos de mano de obra en recolección.

Caracterización

socioeconómica y productividad de la mano de obra de la cosecha de café, en cuatro municipios de la región central cafetera de Caldas. Este estudio se centró en la productividad de la mano de obra en la recolección, encontrando que dicha productividad esta relacionada con diferentes variables. De un lado está asociada directamente con la distribución de la cose-

cha, pues a medida que la cosecha se desarrolla y el porcentaje de café recolectado aumenta, el número de kilogramos recolectados por jornal también aumenta. Igualmente, los resultados muestran que la densidad de siembra de los lotes de café es determinante en la productividad de la mano de obra en la cosecha, pues están asociados directamente. De otro lado se encontró que la edad del cafetal, la pendiente del terreno, el excesivo número de chupones por sitio y un alto precio pagado por kilogramo de café recolectado, inciden negativamente en la productividad de la mano de obra en la labor de recolección.

Probabilidad de retorno de la mano de obra de la recolección en la zona central cafetera de Caldas.

En este estudio se determinó la probabilidad de retorno de la mano de obra de la recolección para la siguiente cosecha, mediante el empleo de la regresión logística. Se encontró que la probabilidad de retorno es alta, 0,94, lo cual asegura una oferta laboral buena. También se encontró que las variables asociadas a ese retorno fueron la educación del recolector, la edad del mismo, la experiencia como recolector,

el número de años viniendo a recolectar a un municipio dado y la probabilidad de empleo en el origen. De estas variables, las

dos primeras tienen relación inversa con la probabilidad de retorno, afectándolo negativamente; mientras las restantes,

están asociadas directamente con él, y por lo tanto inciden favorablemente al aumentar dicha probabilidad.

Agroclimatología

Red climática de Federacafé.

Durante este período funcionaron 219 estaciones meteorológicas que hacen parte del Servicio Meteorológico de FEDERACAFÉ discriminadas así: 53 estaciones climatológicas principales, 9 estaciones heliopluiográficas, 6 estaciones pluviográficas y 151 estaciones pluviométricas. La inspección, mantenimiento y calibración del instrumental meteorológico se hizo a través 127 visitas que cubrieron toda la geografía cafetera y permitieron la recolección de información completa y confiable en la mayor parte de la red. La información proveniente de la red meteorológica correspondiente a los elementos de temperaturas (media mínima y máxima), lluvia, brillo solar y humedad relativa se revisaron y procesaron hasta el mes de julio/01. Estos registros se publicaron en el Anuario Meteorológico Cafetero de 2000.

En el programa de mejoramiento de la cobertura de la red meteorológica existente, la estación pluviométrica Campanella, Palmira, Valle se elevó a la categoría de heliopluiográfica. Además, se seleccionaron y adecuaron los sitios para la instalación de dos nuevas estaciones climatológi-

cas principales en los departamentos de Magdalena y Santander.

Ciclo hidrológico y de nutrimentos en un bosque y en cafetales a libre exposición y bajo sombrío.

En un bosque y en cafetales a libre exposición solar y bajo sombríos de guamo (*Inga sp*), Pino (*Pinus oocarpa*), eucalipto (*Eucalyptus grandis*) y nogal (*Cordia alliodora*) se cuantificaron en el agua lluvia, agua de lavado foliar y de escorrentía las concentraciones de potasio, calcio, magnesio y nitratos, además del pH.

Las concentraciones de nutrimentos que ingresan al suelo en el agua de lavado foliar en los diferentes ecosistemas analizados presentan los siguientes valores en promedio: potasio 6,89mg/litro, calcio 2,48, magnesio 0,85, nitratos 2,21. Las concentraciones de los elementos del agua de lavado foliar son mayores a las medidas en el agua lluvia, para potasio son 30 veces mayores, calcio 2,1 veces, magnesio 2,9 veces; un comportamiento diferente se observa en la concentración de nitratos la cual disminuye en el agua de lavado foliar. La concentración de potasio en el agua de lavado

foliar es superior en el cafetal bajo sombrío de nogal, cuando se compara con la obtenida en las coberturas de cafetales bajo sombrío de eucalipto, pino y cafetal a libre exposición solar.

Se observa gran variabilidad en las cantidades de los elementos químicos para los diferentes sombríos, debido a que las especies difieren significativamente en la cantidad y tasa de descomposición de biomasa. En relación al pH en el agua de lavado foliar presentó un valor medio de 6,7 para los ecosistemas en estudio; los valores más bajos en el pH se presentan para la asociación del café con el eucalipto y el pino, con un pH de 6,4 y 6,5 respectivamente.

Las concentraciones de nutrimentos que se movilizan en el agua de escorrentía presentan como valores promedio: potasio 6,61 mg/litro 4,56 para calcio, 1,06 magnesio y 2,35 para nitratos.

En general las concentraciones de los elementos llevados por el agua de escorrentía son mayores a las encontradas en el agua de lavado foliar. Es de anotar que las cantidades de agua que se mueven en el agua de escorrentía son menores

que las del agua de lavado foliar.

Se estructuró un programa de cómputo para facilitar el cálculo del balance hídrico. En éste, se tienen en cuenta el tipo de cobertura vegetal o ecosistema donde incide la lluvia, se consideran tres fórmulas para el cálculo de la evapotranspiración usadas de acuerdo con la disponibilidad de la información climática, y se tienen en cuenta las condiciones de almacenamiento del suelo de las diferentes Unidades de suelo de la zona cafetera.

El programa ofrece información sobre la cantidad y duración de los excesos y deficiencias hídricas, y un Índice de Humedad del Suelo, que permite conocer las épocas críticas de

deficiencia de agua para el café y otros cultivos.

Ecotopos cafeteros de la cuenca del río Cauca

En el estudio de los Ecotopos 201A a 205A (departamentos de Antioquia y Caldas) y 101B a 110B (departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Valle del Cauca) se adelantó lo siguiente:

Finalización de la verificación, depuración y complementación de 200 series históricas mensuales de temperaturas (media, mínima media y máxima media), brillo solar y humedad relativa a través de correlaciones entre estaciones localizadas en regímenes de condiciones climáticas análogas.

Se inició la determinación de los gradientes al nivel mensual y anual de las diferentes variables climáticas con base en la altitud para adelantar la espacialización de las mismas.

Para los Ecotopos 106B, 107B, 108B, 206A, 207A y 209A se elaboró la memoria final sobre la caracterización de la lluvia.

El proceso de cálculo de los balances hídricos se adelantó para los Ecotopos 106B, 107B, 108B y 206A. Estos resultados orientan la planificación de labores como la preparación de suelos, siembras, fertilizaciones y además permiten de acuerdo con los suelos analizar la disponibilidad de agua para el cultivo de café, especialmente durante su ciclo productivo.

Documentación

El Centro de Documentación, entre octubre de 2000 y septiembre de 2001, desarrolló las siguientes actividades:

El análisis de la información cafetera es su principal objetivo; con base en este fin, se registraron en la base de datos CENIC, 1.089 referencias de documentos sobre el tema Café o Asuntos relacionados. Así, esta base de datos, que incluye estos registros con sus respectivos resúmenes, llegó a las 27.089 referencias de documentos.

En la base de datos AGROS, que incluye los libros, folletos, series, monografías, artículos seleccionados de revistas, entre otros materiales, que posee la Biblioteca (excepto Café), se adicionaron 2.606 referencias, totalizando 51.606 registros. En el período del presente informe se adquirieron y procesaron 1.993 documentos, de los cuales 733 correspondieron a libros y 1.200 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»

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 2.539 revistas, las que incluyeron aproximadamente unos 76.170 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 276 instituciones de Colombia y el mundo. Así, entre 2000 y 2001 se recibieron por canje, 498 revistas y 268 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 eso las sugerencias de adquisición parten de ellos. En este período se produjo una disminución de las solicitudes debido a los problemas

presupuestales y sólo se hizo el trámite de 7 solicitudes de libros especializados y se hizo la renovación de suscripción de 223 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 50 documentos sobre café, 733 libros técnicos, 268 folletos y 2.492 revistas.

La afluencia de lectores a la Biblioteca es un indicador del uso y consulta de sus materiales. En esta temporada hubo 2.481 usuarios, se consultaron

20.760 documentos y se realizaron 2.533 préstamos. Así mismo, hubo un alto índice de consulta de las bases de datos en computador y en CD-ROM en el Centro de Documentación, al igual que de las bases de datos disponibles en Internet, contabilizando 3.600 consultas en el período del informe.

Los resúmenes de los documentos sobre café, en la mayoría de los casos, vienen en idiomas distintos al español (inglés, francés y portugués) por lo cual deben ser traducidos para ser ingresados posteriormente a la base de datos CENIC. En este período se tradujeron 200 resúmenes, que se sometieron posteriormente a revisión y edición.

Sistemas

Los virus de computador y los crackers constituyen una amenaza que de acuerdo al Computer Security Institute, conforman el 4% y el 2%, respectivamente, de los tipos de ataques que se realizan a las compañías cada año, los cuales causan daños en la información de millones de computadores en todo el mundo y cuantiosas pérdidas económicas. Reducir el riesgo de estas amenazas, es hoy en día, uno de los retos al que se ve enfrentado el equipo técnico de esta Disciplina.

Se afirma que «La mejor defensa es un buen ataque» y que «La primera línea de ataque es la del conocimien-

to», razón por la cual, se ha emprendido una campaña para dar a conocer no sólo las amenazas, sino las vulnerabilidades y la forma de protegerse adecuadamente.

Con el auge de las comunicaciones, el acceso masivo a Internet y el uso diario del correo electrónico (E-mail), el peligro de infección por alguna de las variantes de virus de computador ha aumentado considerablemente. Es por ello que la Disciplina ha adoptado mecanismos de control extremos y se mantiene atento a las últimas actualizaciones de software para asegurar un alto

nivel de protección de la información y los recursos de red.

Con este fin, se instaló el servicio de protección automática de Norton Antivirus que permite la detección preventiva y/o correctiva y erradicación de virus que lleguen al Centro a través de correo electrónico, pegados a archivos ejecutables y programables, así como desde páginas WEB.

En total fuimos atacados por 23 tipos de virus, entre los que debemos mencionar el Nimda y sus variantes, que logró entrar

hasta computadores del Centro, afortunadamente sin causar pérdida de información.

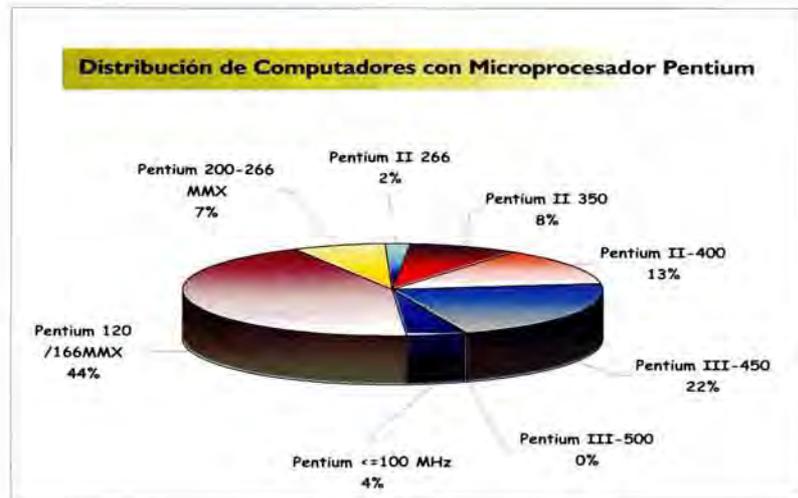
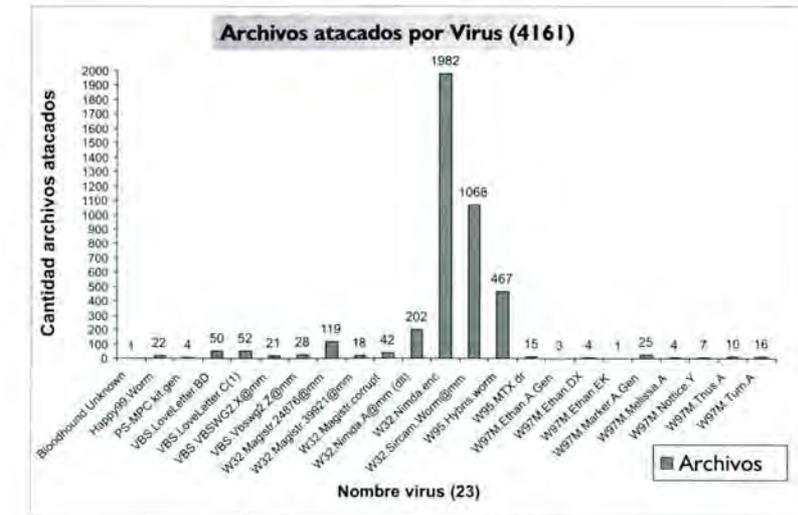
Además, con el fin de mejorar el conocimiento de nuestros usuarios en temas relacionados con virus de computador, se dictó un Seminario Científico el día 4 del mes de abril de 2001 con el título "Virus de computadores: Una nueva Generación".

En lo que tiene que ver con actualización de hardware, durante el presente año solamente se ha diligenciado la adquisición de 3 computadores, dos de ellos gracias a un saldo crédito con la firma Dell y otro con recursos de Colciencias.

La distribución actual de computadores por tipo de procesador es la siguiente:

Se observa que más del 50% de los computadores posee procesador Pentium de 233 MHz o menos y tienen más de 4 años de estar en operación. Este tipo de computador es el que tiene mayor probabilidad de presentar deficiencias en su funcionamiento.

De otra parte el software libre, especialmente el cobijado por la Licencia Pública General de la Fundación para el Software Libre (GNU/GPL) cada día recibe más adeptos y está cambiando las reglas del juego en lo que tiene que ver con el desarrollo de software. Cada vez es más el software de muy buena calidad que está siendo desarrollado y puesto a disposi-



ción del público en general para su uso, estudio, canibalización y mejora, con la certidumbre de que las grandes casas de software no podrán modificarlo y convertirlo en software propietario.

En el Centro ya estamos usando el sistema operativo Linux, el manejador de bases de datos relacionales MySQL, el servidor web Apache, el lenguaje de programación PHP y C, y se

están adelantando estudios del software estadístico R, entre otros.

Durante la vigencia se dictó el Seminario Científico "El poder de la libertad: Linux y la Fundación para el software Libre" cuyo objetivo fue dar a conocer apartes de interés sobre el movimiento de software libre a nuestros usuarios.

Divulgación y Transferencia

I. REVISTA CENICAFÉ

Volumen 51,	
número 4	6 artículos
Volumen 52,	
número 1	6 artículos
Volumen 52,	
número 2	6 artículos

TOTAL: 18 artículos científicos

2. AVANCES TÉCNICOS

279 Sept. 2000

Cómo producir café orgánico en Colombia.

280 Oct. 2000

Manejo y tratamiento primario de lixiviados producidos en la tecnología Becolsub.

281 Nov. 2000

Utilice la energía solar para secar correctamente el café.

282 Dic. 2000

El secado mecánico del café.

283 Ene. 2001

La materia orgánica en la nutrición del café y el mejoramiento de los suelos de la zona cafetera.

284 Feb. 2001

Cómo garantizar la buena calidad de la bebida del café y evitar los defectos.

285 Mar. 2001

Cultive hongos comestibles en pulpa de café.

286 Abr. 2001

Economía del secado del café: Un estudio de caso.

287 May. 2001

Cultivo de Shiitake en subproductos del café.

288 Jun. 2001

Descripción de daños ocasionados por *Colletotrichum* sp. en flores y frutos de café en Colombia.

289 Jul. 2001

Las babosas causantes del anillado del tallo del cafeto.

290 Agto. 2001

AFRICAL: Nueva variedad de plátano para la zona cafetera.

291 Sept. 2001

Manejo y estabilización de taludes mediante tratamientos de bioingeniería

**Total Avances Técnicos
Cenicafé publicados: 13**

3. ANUARIO METEOROLÓGICO CAFETERO.

Se publicó el anuario correspondiente al año 2000.

4. BOLETINES TÉCNICOS

No. 23 Aplicación de la escala BBCH ampliada para la descripción de las fases fenológicas del desarrollo de la planta de café (*Coffea* sp).

No. 23 Application of the "extended Bbch - scale" for the

description of the growth stages of coffee (*Coffea* sp) (special edition).

5. MANUALES Y LIBROS

· Duque O., H.; Análisis económico de doce prácticas para mejorar el desempeño de las fincas cafeteras. Chinchiná, Cenicafé, 2001. 57 p.

· Baker, PS. Coffee Futures. A source book of some critical issues confronting the coffee industry. Chinchiná, The Commodities Press, 2001. 112p.

· Ángel C., C. A.; Tsubota N., M.; Leguizamón C., J.; Cárdenas M., R.; Chaves C., B.; Cadena G., G.; Bustillo P., A. Enfermedades y Plagas en Cattleas: Antecedentes e investigaciones en Colombia. Federacafé, Cenicafé, Colciencias, Orquídeas Eva, 2001. 322p.

6. OTRAS PUBLICACIONES (ASESORIAS A OTRAS DEPENDENCIAS DE LA FEDERACIÓN)

Informes:

Diseño, edición y supervisión de impresión de:

- Informe de la Gerencia General de la Federación al LIX Congreso Nacional Cafetero.

- Informe anual de actividades de Cenicafé 1999 - 2000.

8. AYUDAS VISUALES

Memorias sobre proyectos de biodiversidad en la zona cafetera. Visita del Ministro del Medio Ambiente

Se elaboraron las presentaciones en Power Point de Cenicafé para los siguientes eventos:

· ExpoHannover. Octubre de 2000

· Informe Anual de Actividades CENICAFÉ - LIX Congreso Nacional de Cafeteros. Diciembre de 2000

· Defectos más importantes del Café - Diciembre de 2000

· Estado técnico y financiero de Cenicafé - Abril de 2001

· Seminario: Construyendo la investigación agraria. La Sostenibilidad en las regiones cafeteras colombianas, Universidad Nacional - Medellín. Abril de 2001

· Biotecnología - Universidad de los Andes, Bogotá - Marzo de 2001

· Cenicafé. Foro Competividad, Ciencia y Tecnología. El Espectador, Bogotá. Mayo de 2001

· World Coffe Conference, London. Mayo de 2001-10-26

· La sostenibilidad en las regiones cafeteras colombianas. Foro: Estado y Empresa. Julio 16 y 17 de 2001. Bogotá. Agroexpo

· La administración de la Investigación, Innovación y desarrollo tecnológico. Experiencias de algunos Centros Nacionales de Investigación en el sector agropecuario, Bogotá. Septiembre de 2001

· Los Centros de Investigación en Colombia, estado actual y perspectivas. Agosto de 2001

· A joint initiative for sustainability of the colombian coffee industry in to the 21st Century. Septiembre de 2001

· Sostenibilidad en las regiones cafeteras. Universidad del Quindío. Septiembre de 2001

9. ATENCIÓN A VISITANTES

Durante este período se atendieron 118 visitas con un total de 2.380 personas, destacándose:

232	Caficultores
1.281	Estudiantes universitarios
30	Extranjeros.
837	Particulares

10. ORGANIZACIÓN Y PARTICIPACIÓN EN EVENTOS (EXPOSICIONES, CONGRESOS, ETC.)

Exposiciones

· Expocientífica - XIII Convención Científica Nacional. Campo, productividad y paz. Pereira, Noviembre de 2000.

· Café de Colombia, Armenia, Noviembre de 2000

12. FOTOGRAFÍA

Fotografías en papel

Contactos 108

Copias (tamaños desde 6 x 9 cm hasta 15 x 21 cm) 7.285

Ampliaciones (tamaños desde 20 x 30 cm hasta 100 x 70 cm)

Diapositivas (rollos 36 exp. - formato 120) 120

Fotografía digital 342

13. DISTRIBUCION DE PUBLICACIONES (Tablas 26 y 27)

14. CURSOS Y SEMINARIOS

- Curso de capacitación en el cultivo y beneficio del café para Ingenieros Agrónomos del Comité Departamental de Caldas. Septiembre 4 de 2001.

- Grupo de empresarias cafeteras de Caldas. martes 24 de julio de 2001

- Curso intensivo de

profundización en café para estudiantes de IX semestre Programa Agronomía. Universidad de Caldas. Marzo 26 al 30 del 2001

15. REUNIONES

TÉCNICAS.

- Reunión del Servicio de Extensión, Cenicafé y la Gerencia Técnica. Febrero 26, 27, 28, y 1 de Marzo de 2001

- Reunión líderes cafeteros de caldas y Cenicafé. Miércoles 22 de agosto de 2001

Tabla 26. Distribución de publicaciones año cafetero 2000-2001

Distribución de publicaciones año cafetero 2000 - 2001.		
Números	Tipo de publicación	Ejemplares distribuidos por suscripción
13	Avance Técnico	153,960
4	Revista Cenicafé	13,140
1	Anuario Meteorológico Cafetero 1999	631
		167.731

Tabla 27. Distribución revista Cenicafé

Distribución de la Revista Cenicafé.		
	Tiraje	Distribuidas por suscripción
51-4	3,500	3.260
52-1	3,500	3.264
52-2	3,500	3.279
52-3	3,500	3.337
Total distribuido		13.140



FEDERACIÓN NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA
GERENCIA TÉCNICA
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
 Centro Nacional de Investigaciones de Café
 "Pedro Uribe Mejía"

DIRECCIÓN

Gabriel Cadena G., Ph.D.

PROGRAMA DE APOYOS BÁSICOS**Agroclimatología**

Orlando Guzmán M., Ing. Agrónomo M.Sc.
 José Vicente Baldión R., Ing. Agrónomo
 Álvaro Jaramillo R., Ing. Agrónomo M.Sc.

Biometría

Esther Cecilia Montoya R., Estadístico M.Sc.

Control Interno

Luis Alfredo Amaya F., Administrador Público

Divulgación y Transferencia

Héctor Fabio Ospina O., Ing. Agrónomo M.Sc.

Documentación

Nancy Cecilia Delgado R., Bibliotecóloga

Economía

Hernando Duque O., Ing. Agrónomo M. Sc.

Sistemas

Luis Ignacio Estrada H., Ing. Químico
 Carlos Hernán Gallego Z., Ing. de Sistemas,

Biología de la Conservación

Jorge Eduardo Botero E., Biólogo Ph.D.

PROGRAMA DE AGRONOMÍA

Jaime Arcila P., Coordinador

Conservación de Suelos

Horacio Rivera P., Ing. Agrónomo Ph. D.
 Luis Fernando Salazar G. Ing. Agrónomo

Fitotecnia

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo Ph.D.
 Argemiro Miguel Moreno B., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Fernando Farfán V. Ing. Agrónomo

Química Agrícola

Siavosh Sadeghian Kh. Ing. Agrónomo M.Sc.
 Martha Cecilia Henao T., Geólogo M.Sc.*
 Eduardo Hernández G. Ing. Agrónomo

PROGRAMA DE BIOLOGÍA

Álex Enrique Bustillo P., Coordinador

Entomología

Álex Enrique Bustillo P., Ing. Agrónomo Ph.D.
 Pablo Benavides M., Ing. Agrónomo*
 Carmenza Esther Góngora B., Microbióloga Ph.D.
 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.
 Elena Trinidad Velázquez S., Bioquímica M.Sc

Fisiología Vegetal

Néstor Miguel Riaño H., Ing. Agrónomo Ph. D.
 Jerson Ramón Domínguez T., Biólogo. M.Sc.*
 Luis Fernando Gómez G. Ing. Agrónomo.
 Juan Carlos López R. Ing. Agrónomo.

Fitopatología

Álvaro León Gaitán B., Microbiólogo Ph.D.
 Carlos Ariel Ángel C., Ing. Agrónomo.
 Bertha Lucía Castro C., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Luis Fernando Gil V., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Carlos Alberto Rivillas O., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Marco Aurelio Cristancho A., Microbiólogo Ph.D.

Mejoramiento Genético y Biotecnología

José Ricardo Acuña Z., Biólogo Ph.D.
 Gabriel Alvarado A., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Hernando Alfonso Cortina G., Ing. Agrónomo M.Sc.
 Juan Carlos Herrera P. Biólogo M.Sc.*
 María del Pilar Moncada B., Ing. Agrónomo Ph. D.
 Huver Elías Posada S., Ing. Agrónomo Ph.D.

PROGRAMA DE POSTCOSECHA

Carlos Eugenio Oliveros T. Coordinador

Ingeniería Agrícola

Carlos Eugenio Oliveros T., Ing. Agrícola Ph.D.
Gonzalo Roa M., Electromecánico Ph.D.
César Augusto Ramírez G., Arquitecto
Juan Rodrigo Sanz U., Ing. Mecánico M.Sc.*

Química Industrial

Gloria Inés Puerta O., Ing. Química, Ing. Alimentos M.Sc.
Diego Antonio Zambrano F., Ing. Químico
Nelson Rodríguez V., Ing. Químico

PROGRAMA ETIA

José Arthemo López R., Coordinador

Gloria Esperanza Aristizábal V., Bióloga M.Sc.
María Cristina Chaparro C., Tec. Alimentos, Químico
Claudia Rocío Gómez P., Tec. Química Ind.
Carlos Mario Ospina P., Ing. Forestal
Aida Esther Peñuela M., Ing. Alimentos

Juan Mauricio Rojas A., Ing. Alimentos
Clemencia Villegas G., Ing. Agrónomo M.Sc.

Medicina Veterinaria y Zootecnia

María Cristina Cardona B., Médica Veterinaria

PROGRAMA DE EXPERIMENTACIÓN

Jaime Arcila P., Ing. Agrónomo M.Sc., Coordinador

Estación Central Naranjal

Celso Arboleda V., Ing. Agrónomo M.Sc.

Subestación Experimental El Tambo

Carlos Rodrigo Solarte P., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental El Rosario

Jhon Wilson Mejía M., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Gigante

Miguel Bonilla G., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental La Catalina

José Darío Arias C., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Líbano

Jorge Camilo Torres N., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Maracay

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Paraguaicito

Juan Carlos García L., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Pueblo Bello

José Enrique Baute B., Ing. Agrónomo

Subestación Experimental Santa Bárbara

Piedad Dulfary Henao P. Admon. de Empresas Agropecuarias

Subestación Experimental Santander

Pedro María Sánchez A., Ing. Agrónomo

DEPARTAMENTO DE SERVICIOS ADMINISTRATIVOS

Luis Carlos Carmona L., Ing. Químico, especializado en Finanzas y Economía Cafetera

Sección Archivo y Comunicaciones

Luz Adriana Márquez V.

Sección Contabilidad

Gloria Liliana Gómez R. Contador Público
Jesús Danilo González O. Contador Público

Sección Mantenimiento y Servicios

Jairo Zapata Z., Ing. Electricista

Personal

Lina María Taborda I., Admon. de Empresas (E)

Tesorería

Martha Elena Vélez H., Contador Público

Sección Presupuesto

César Alberto Serna G. Contador
Andrés Mejía L. Ing. Industrial
Carlos Arturo González V. Ing. Industrial
Carlos Odilio Peralta O. Administrador de Empresas

Sección Suministros y Bienes

Luz Adriana Márquez V. (E)
Mauricio Loaiza Muñoz., Ing. Industrial

INVESTIGADORES EN PROYECTOS ESPECIALES

Carmenza Jaramillo L., Ing. Química

JÓVENES INVESTIGADORES: CONVENIO FEDERACAFÉ - COLCIENCIAS

Diego Agudelo G., Ing. Electrónico.
Moises Vélez H., Ing. Agrónomo.
Jhon Arvey Henao S., Ing. Electrónico

- * Comisión de Estudios
- ** Post-doctorado

(E): Jefe encargado